

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

GP anténa

GP Antenna

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student:

Petr Vavroš

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

GP anténa

GP Antenna

Zásady pro vypracování:

Základem kvalitního příjmu rádiového signálu závisí i na použití vhodného typu antény. Tato práce si klade za cíl popsat, simulovat, navrhnout a vytvořit specifický typ antény. Správnost návrhu je podpořena měřeními vybraných parametrů antény.

1. Popište základní princip funkce GP antény.
2. Vytvořte návrh antény ve vhodném simulačním programu.
3. Realizujte praktický model GP antény na zadaný kmitočet.
4. Ověřte správnost návrhu a konstrukce měřeními na vytvořeném prototypu.

Seznam doporučené odborné literatury:

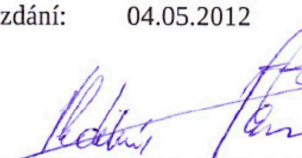
BALANIS, Constantine. *Antenna Theory : Analysis and design*. 3rd edition. United States : Wiley, 2005. 1117 s. ISBN 0-471-66782-X.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Dvorský, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 27. 4. 2012


.....

Podpis zástupce

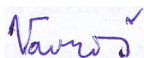
Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Markovi Dvorskému, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 27. 4. 2012


.....

Podpis zástupce

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je specifický typ antény, takzvaná GP anténa (Ground Plane anténa). Hlavní výhodou GP antény je, že na rozdíl od nezemněných vertikálních antén, GP anténa při své správné konstrukci nepotřebuje žádný přizpůsobovací člen pro připojení k vysílači/přijímači. V první části této práce jsou popsány základní principy a vlastnosti antén všeobecně, následně teoretický popis, principy a vlastnosti samotné GP antény. Dále je uveden návrh a simulace modelu GP antény pro zadaný kmitočet, ve freewarovém simulačním programu MMANA-GAL. Další část se zabývá postupem praktické realizace antény. V poslední části je správnost praktického návrhu ověřena měřeními vybraných parametrů zkonstruované antény.

Klíčová slova

antény, GP, ČSV, vstupní impedance, zářič, radiály, CB

Abstract

The subject of this Bachelor thesis is a specific type of antenna, called GP antenna (Ground Plane antenna). The main advantage of GP antenna is that, GP antenna, on its proper construction, does not need any adjustment member of the connection to the transmitter/receiver, against to ungrounded vertical antennas. The first part of my Bachelor work describes the basic principles and characteristics of antennas in General, then the theoretical description, principles and characteristics of the GP antenna. The following is the design and simulation of the GP model, for a specified antenna frequency, in MMANA-GAL freeware simulation tool. The next section covers the practical realization procedure of the antenna. In the last section is the accuracy of a practical proposal, verified by measuring the selected parameters of the constructed antenna.

Key words

antennas, GP, SWR, input impedance, radiator, radials, CB

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
λ	m	Vlnová délka
B	Hz	Šířka pásma
C	F	Kapacita
c	m/s	Rychlost světla ve vakuu
d	mm	Průměr vodiče
E	V/m	Intenzita elektromag. pole
F	W	Výkon přenášené vlny
f	Hz	Frekvence
f_{rez}	Hz	Rezonanční frekvence
G	dB	Zisk
I	A	Proud
k	–	Štíhlostní koeficient zkrácení
L	H	Indukčnost
l	m	Geom. délka prvků antény
O	W	Výkon odražené vlny
P	W	Výkon
R	Ω	Odpor
R_{rvst}	Ω	Vyzařovací odpor
R_{ztr}	Ω	Ztrátový odpor
U	V	Napětí
X_{rvst}	Ω	Reaktance záření
X_C	Ω	Kapacitní reaktance
X_L	Ω	Induktivní reaktance
Z_{vst}	Ω	Vstupní impedance

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický význam	Český význam
CB	Citizen Band	Občanské pásmo
ČSV	Standing Wave Ratio	Činitel stojatých vln
DX	Distance X	Dálkový provoz
GP	Ground Plane	Zemní rovina
SWR	Standing Wave Ratio	Činitel stojatých vln
vf	High Frequency	Vysoko frekvenční

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Základní parametry a princip činnosti antény	2
	2.1 Napájení antény	3
	2.2 Rozdělení antén	3
	2.3 Technické parametry antén.....	4
	2.3.1 Rezonanční kmitočet a šířka pásma antény	4
	2.3.2 Zisk antény	5
	2.3.3 Vstupní impedance a vyzařovací odpor.....	5
	2.3.4 Činitel stojatých vln.....	6
	2.3.5 Polarizace antény	7
	2.3.6 Vyzařovací úhel antény	8
3	GP anténa	9
	3.1 Konstrukční prvky GP antény	9
	3.2 Vznik GP antény	11
	3.3 Možnosti konstrukčního provedení	14
	3.3.1 Zešíkmení paprsků protiváhy	15
	3.3.2 Zkrácení zářiče pod původní délku $\lambda/4$	16
	3.3.3 Prodloužení původní délky zářiče nad $\lambda/4$	17
	3.3.4 Připojení otevřeného čtvrtvlnného přizpůsobovacího pahýlu	18
	3.4 Použití GP antény	18
	3.5 Klady a zápory GP antény	19
4	Návrh GP antény	21
	4.1 Rezonanční kmitočet a výpočet délky prvků GP antény	21
	4.2 Simulace v programu MMANA-GAL	21
	4.2.1 Geometrie	22
	4.2.2 Zobrazení	23
	4.2.3 Výpočet.....	23

4.2.4	Vykreslení vzdáleného pole.....	25
5	Praktická realizace GP antény.....	26
5.1	Postup realizace.....	27
6	Ověření správnosti návrhu a konstrukce měřením.....	30
6.1	Postup měření.....	30
6.2	Vyhodnocení měření	32
7	Závěr	33
	Použitá literatura	35
	Seznam příloh.....	i

1 Úvod

V této bakalářské práci bych rád představil možnost využití radioamatéry oblíbené a hojně používané Ground Plane antény (GP antény). Jedná se o anténu, která je oblíbená pro její relativní konstrukční jednoduchost a také z toho důvodu, že na rozdíl od nezemněných vertikálních antén při správné konstrukci nepotřebuje žádný přizpůsobovací člen pro připojení k přijímači/vysílači.

GP anténa je anténa, která je nenáročná na materiál i zhotovení a dosahuje se s ní podobných výsledků jako u půlvlnného vertikálního dipólu. Při základní konstrukci GP antény je zisk proti půlvlnnému dipólu teoreticky menší, protože anténa vyzařuje nejvíce energie šikmo vzhůru. Konstrukčními úpravami je však možné vyzařovací profil antény upravit tak, že maximum vyzařování je v horizontální rovině a hodnoty zisku se blíží půlvlnnému dipólu.

Pro objasnění základních principů a vlastností GP antény je nejdříve zapotřebí definovat pojmy, které se všeobecně týkají antén. Základním anténním pojmům je věnována celá druhá kapitola.

Kapitola třetí je věnována teoretickému popisu GP antény. Je zde obsažen popis prvků, ze kterých je anténa složena, vznik GP antény, možnosti konstrukčního provedení, které zaručí nízko úhlové vyzařování antény a přizpůsobení vstupní impedance k napájecí s charakteristickou impedancí $50\ \Omega$, možnosti praktického využití. Nakonec kapitoly je popsáno několik výhod a nevýhod.

Čtvrtá kapitola je věnována volbě kmitočtu, pro který bude GP anténa navržena, výpočtu geometrické délky zářiče a radiál, teoretickému návrhu a simulaci ve freewarovém anténním simulačním programu MMANA-GAL.

Další, v pořadí pátá kapitola, popisuje postup při praktické realizaci GP antény, postup je zde doložen i fotografiemi realizace.

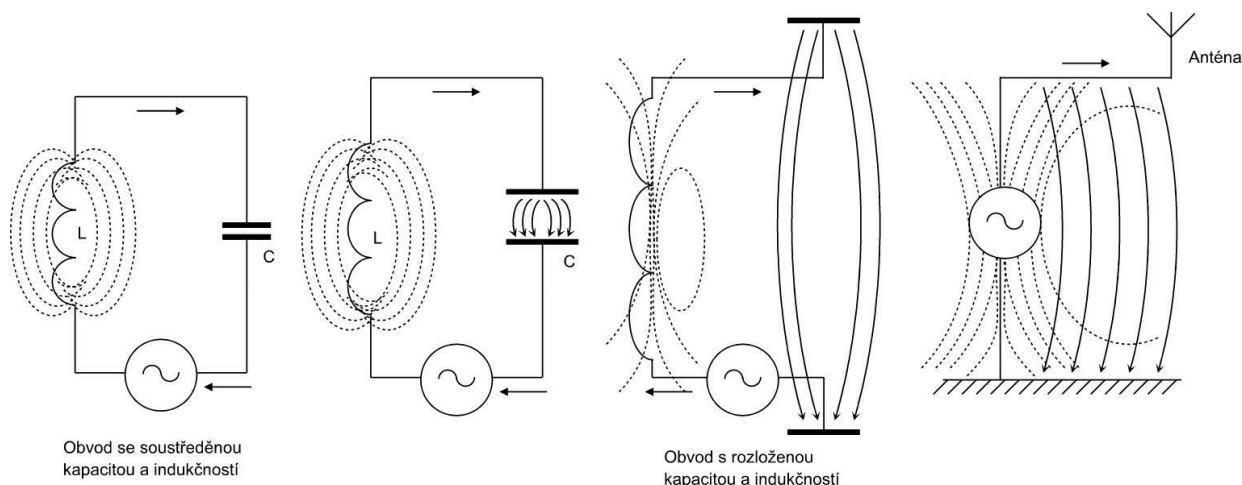
Poslední kapitola dokládá správnost realizace GP antény, měřením parametrů z hlediska přizpůsobení k napájecí radiostanice, tzn. vstupní impedance a činitele stojatých vln.

2 Základní parametry a princip činnosti antény

Anténa je součástí rádiového zařízení, které je určeno k přetváření vysokofrekvenční energie na elektromagnetickou vlnu (vysílací anténa) nebo k transformaci elektromagnetické vlny na vysokofrekvenční energii (přijímací anténa). Anténa je chápána jako nejdůležitější část rádiového zařízení a nelze ji nahradit žádným jiným elektronickým obvodem. Během rádiového provozu mezi vysílací a přijímací anténou vzniká prostřednictvím prostoru spojení, při kterém dochází k dvojité transformaci vysokofrekvenční energie. Další části anténního systému tvoří: napájení antény, ladící soustava a také pomocné systémy jako uzemnění, stožár antény atd.

Libovolný rezonanční obvod sestavený z cívky a kondenzátoru, který je stimulován vysokofrekvenční energií může vytvářet elektromagnetické pole. Vyzařování rezonančního obvodu je ale málo účinné a působí na malou vzdálenost. V ohraničeném prostoru obvodu vzniká elektrické pole soustředěné mezi deskami kondenzátoru a magnetické pole v prostoru okolo cívky. Pro rozšíření pole kondenzátoru je třeba zvýšit vzdálenost mezi deskami (Obr. 2.1). Sníží se tak jeho kapacita, kterou je však možné zachovat zvětšením plochy desek. Kondenzátor s velkoplošnými deskami může mít podobu dvou vodičů, z nichž je jeden v dostatečné výšce nad povrchem a druhý je umístěn na povrchu nebo je s ním spojený.

Takto sestavený kondenzátor tvoří otevřený rezonanční obvod – takzvaný dipól. Vodiče otevřeného obvodu, které představují velkoplošné desky kondenzátoru, mají nejen kapacitu, ale také indukčnost. Protože každý vodič, kterým protéká proud, má indukčnost a pro získání její požadované hodnoty je potřeba upravit délku vodiče. Kapacita a indukčnost otevřeného obvodu jsou rovnoměrně rozloženy podél jeho vodičů, na rozdíl od uzavřeného obvodu, kde se indukčnost a kapacita soustřeďují na cívce a kondenzátoru.



Obr. 2.1 Princip antény, uzavřený a otevřený rezonanční obvod

Otevřený rezonanční obvod se nazývá anténou. Je dokázáno, že se obvod mění na otevřený, tj. stává se anténou, pokud je jeho délka násobkem vlnové délky, na kterou byl obvod vyladěn. Kvalita antény jako zářiče se zvyšuje, přibližuje-li se její délka $1/4$ nebo $1/2$ vlnové délky obvodu. V jiném případě se významná část energie spotřebovává na zahřívání vodičů.

Přechod od soustředěné indukčnosti a kapacity k anténě je znázorněn na Obr. 2.1. Elektrické pole (vytvořené rozloženou indukčností) a magnetické pole (vytvořené rozloženou kapacitou antény) vychází mimo hranice obvodu a v prostoru vytváří elektromagnetické pole. Pokud se otevřený obvod nabudí vysokofrekvenční energií, kromě ztrát příslušejících rezonančnímu obvodu, vzniká dodatečná ztráta energie, která se od něj oddělí v podobě rádiových vln. Anténa stejně dobře vyzařuje energii v podobě elektromagnetických vln, jako ji indukuje v podobě vysokofrekvenčních proudů. Může se tedy používat jako vysílač i přijímač. [1]

2.1 Napájení antény

Kabel vedoucí z radiostanice k anténě se nazývá vf napáječ. Nezáleží na tom, zda slouží k přívodu vf energie z vysílače nebo naopak vede do přijímače – jeho vlastnosti ovlivňují kvalitu vysílání i příjmu. Jako napáječ se nejčastěji používá koaxiální kabel s charakteristickou impedancí 50 nebo 75 Ω . Použití jiného napáječe (zvonkový drát, stíněný kabel, apod.) způsobí, že i vlastnosti dobré antény, se stanou nedefinované a příjem se obvykle zhorší.

2.2 Rozdělení antén

Antény je možné dělit podle různých kritérií, např. podle způsobu využití, typu konstrukce, charakteristiky vyzařování, atd. Navíc se antény dělí podle pásma jejich pracovních kmitočtů, od kterého se odvíjejí také rozměry antény.

Délka antény musí být příslušným násobkem (zlomkem) vlnové délky, která je nepřímo úměrná ke kmitočtu, podle vzorce:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [\text{m}] \quad (2.1)$$

kde jsou: λ - vlnová délka [m], c - rychlost světla ve vakuu ($\approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$), f - kmitočet [Hz].

Čím vyšší je frekvence, tím kratší je vlnová délka (zároveň rozměry antény jsou menší). V anténní technice se většina rozměrů vyjadřuje jako násobek délky vlny, např. délka $l = \lambda/4$ [m] znamená délku rovnou čtvrtině vlnové délky.

2.3 Technické parametry antén

Charakteristika každé antény je určena především těmito parametry: rezonanční kmitočet (f_{rez}) a šířka pásma antény (B), zisk antény (G), vstupní impedance (Z_{vst}) a vyzařovací odpor antény (R_{vst}), činitel stojatých vln (ČSV), polarizace antény a vyzařovací úhel.

2.3.1 Rezonanční kmitočet a šířka pásma antény

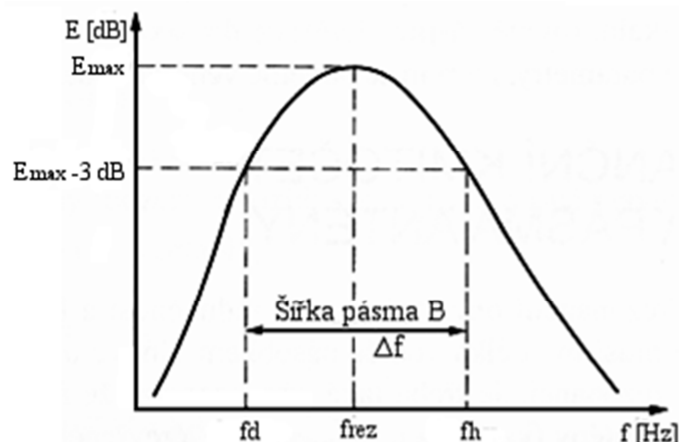
Anténa je otevřený rezonanční obvod, kde jsou indukčnost a kapacita zastoupeny vodičem, pro který platí, že jeho délka je mnohem větší než jeho šířka. Délka vodiče musí být násobkem délky vlny, neboli ekvivalentem obvodu RLC v rezonanci. Rezonanční kmitočet závisí také na výšce umístění antény (kapacita mezi deskami „otevřeného“ kondenzátoru). [1]

Vzájemnou závislost mezi kapacitou, indukčností a kmitočtem v rezonančním obvodu vyjadřuje rovnice:

$$f_{\text{rez}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ [Hz]} \quad (2.2)$$

kde jsou: f - kmitočet [Hz], L - indukčnost [H], C - kapacita [F].

Anténa pracuje účinně pouze v určitém pásmu okolo rezonančního kmitočtu. Šířka pásma se určuje z charakteristiky úrovně elektromagnetického pole E , která je dána funkcí kmitočtu. Při rezonančním kmitočtu se určí maximální intenzita elektromagnetického pole E_{max} . Od této hodnoty se odečtou 3 dB a určí se dolní kmitočet f_d a horní kmitočet f_h . Šířka pásma je dána rozdílem kmitočtů $f_h - f_d$ a označuje se B (Obr. 2.2). Hodnota -3 dB má srovnávací funkci a znamená pokles maximální úrovně elektromagnetického pole o 50 %.



Obr. 2.2 Šířka pásma antény

Šířku pásma přenosu směrových a všesměrových antén ovlivňují jejich geometrické rozměry (délka, tloušťka, výška). Šířka přenosového pásma antény je nepřímo úměrná k její délce a přímo úměrná k průměru jejích prvků. To znamená, čtvrtvlnná vertikální anténa bude pracovat v širším pásmu než půlvlnná vertikální anténa a také, čím větší bude průměr vodiče antény, tím širší bude pracovní pásmo kmitočtů antény.

2.3.2 Zisk antény

Základním parametrem, který charakterizuje účinnost antény, je výkonový zisk G . Výkonový zisk vyjadřuje logaritmus podílu intenzity indukovaného pole (E_I) nebo výkonu (P_I) zkoumané antény a referenční antény (E_0, P_0): [1]

$$G = 20 \cdot \log \frac{E_I}{E_0} = 10 \log \frac{P_I}{P_0} \quad [\text{dB}] \quad (2.3)$$

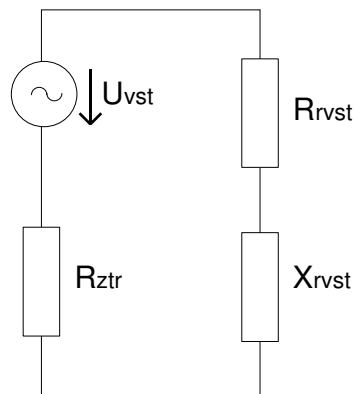
Výkonový zisk určuje, kolikrát je třeba zvýšit výkon referenční antény vzhledem ke zkoumané anténě, pro dosažení stejné intenzity pole v měřeném bodě. Jako referenční anténa se používá buďto izotropická anténa (jednotkou výkonu je dB_i) nebo půlvlnný dipól (s jednotkou výkonu dB_d , nejčastěji se však místo jednotky dB_d setkáme jen s označením dB). Izotropická anténa je chápána jako hypotetická anténa vyzařující rovnoměrně ve všech směrech. Rozdíl mezi oběma referenčními anténami je $2,14 \text{ dB}$. Např. výkonový zisk antény je $G = 0 \text{ dB}_d = 2,14 \text{ dB}_i$.

$$G[\text{dB}_i] = G[\text{dB}_d] + 2,14 \quad (2.4)$$

2.3.3 Vstupní impedance a vyzařovací odpor

Obecně je impedance definována, jako poměr napětí a proudu nebo poměr elektrické a magnetické složky elektromagnetického pole v daném místě antény. Každá anténa z hlediska připojení k přijímači nebo vysílači představuje určitou impedanci. Nejčastěji požadujeme znalost impedance v místě připojení na napáječ, jedná se o vstupní impedanci antény. Velikost vstupní impedance antény je velmi důležitá pro přizpůsobení antény k napáječi a přijímači či vysílači. Pokud totiž bude rozdílná vstupní impedance antény od zbytku řetězce, na který je připojena, bude na spoji různých impedancí vznikat stojaté vlnění a tím ztráty přenášeného výkonu.

Vstupní impedance antény Z_{vst} se nachází v místě připojení na napáječ a má komplexní charakter, tedy obsahuje vstupní odpor R_{vst} (reálná část) a vstupní reaktanci X_{vst} (imaginární část). Navíc má anténa ještě ztrátový odpor R_{ztr} , který mění vysokofrekvenční energii na teplo. Náhradní obvod pro vstupní impedanci je zobrazen na Obr. 2.3.



Obr. 2.3 Náhradní schéma obvodu pro vstupní impedanci

Reaktance záření X_{rvst} má buď induktivní, nebo kapacitní charakter a při rezonančním kmitočtu antény je tato hodnota nulová. Vstupní impedanci tedy při rezonanci tvoří pouze reálná složka, kterou je vyzařovací odpor antény R_{rvst} . Výsledná vstupní impedance antény Z_{vst} je definována vztahem:

$$Z_{vst} = R_{ztr} + R_{rvst} + j \cdot X_{rvst} \quad [\Omega] \quad (2.5)$$

Samotný vyzařovací odpor R_{rvst} lze definovat pomocí základních elektrických zákonů ($R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$ a $P = U \cdot I \quad [W]$) jako:

$$R_{rvst} = \frac{P}{I^2} \quad [\Omega] \quad (2.6)$$

kde jsou: P - výkon vyzařený z antény $[W]$, I - maximální proud tekoucí napájecím bodem $[A]$.

2.3.4 Činitel stojatých vln

Činitel stojatých vln (ČSV, anglicky SWR – Standing Wave Ratio) určuje stupeň přizpůsobení antény k napáječi a vysílači. Jeho hodnota se pohybuje v rozsahu od 1 do ∞ . Je-li ČSV=1, je vyzařen celý výkon přenesený na anténu.

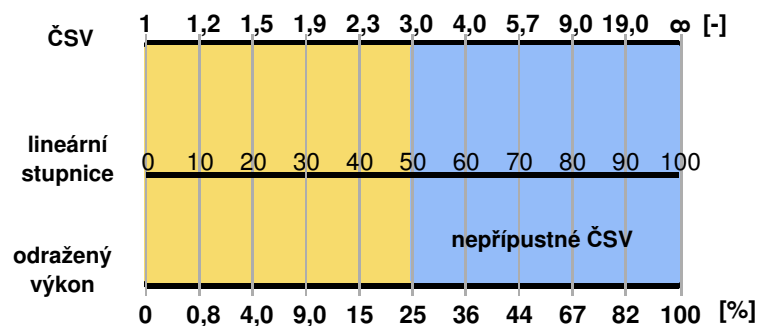
Je-li ČSV>1, z důvodu nepřizpůsobení (neupravená vstupní impedance antény), vzniká odražená vlna O, která se vrací zpět do vysílače. Je příčinou poruch a v mezních případech může dokonce zničit zesilovač vysílače. Hodnota ČSV se vypočítá podle vzorce:

$$\text{ČSV} = \frac{1 + \sqrt{\frac{O}{F}}}{1 - \sqrt{\frac{O}{F}}} = \frac{Z_{vst}}{Z_a} \quad [-] \quad (2.7)$$

kde jsou: F , O - výkon přenášené a odražené vlny [W], Z_{vst} - vstupní impedance antény [Ω], Z_a - impedance napáječe [Ω].

Radioamatéři používají nejčastěji rádiové vysílače s 50ohmovým výstupem. Pokud výstup vysílače, napáječ a anténa mají stejný odpor, je celý výkon vysílače vyzářen anténou ($\check{S}V=1$). V případě antény s odporem odlišným od napáječe a výstupu vysílače je třeba pro úpravu vysílače k anténnímu systému použít přizpůsobovací členy nebo využít transformačních vlastností napájecích vedení.

Většina firem vyrábějících rádiová vysílací zařízení jako uspokojivou definuje hodnotu $\check{S}V=3$, ta je však příliš vysoká (25 % odraženého výkonu), např. s ohledem na poruchy. Hodnoty $\check{S}V=1,5$, dokonce 2 jsou v radioamatérských podmínkách přípustné a přísluší jim 4 a 10 % odraženého výkonu (Obr. 2.4). $\check{S}V=1$ je u ideálně vyladěné antény, a to pouze při rezonančním kmitočtu. [1]



Obr. 2.4 Závislost $\check{S}V$ na poměru přeneseného a odraženého výkonu

2.3.5 Polarizace antény

Polarizace antény je nedílně svázána s polarizací elektromagnetických vln. Elektromagnetická vlna se skládá z elektrického a magnetického pole, které jsou k sobě navzájem kolmé. Existuje několik typů polarizací vlny:

- Vertikálně polarizovaná vlna je ta, jejíž siločáry elektrického pole jsou kolmé k zemskému povrchu. Siločáry elektrického pole jsou tedy rovnoběžné s vertikálním zářičem antény. Pokud anténa pracuje v poloze vertikální, polarizace je významně ovlivněna zemským povrchem (uzemnění, použití „umělé země“, anténní protiváha).
- Horizontálně polarizovaná vlna je ta, jejíž siločáry elektrického pole jsou rovnoběžné se zemským povrchem. Anténa je pak natočena pro příjem či vysílání tak, že zářič antény je umístěn vodorovně se zemní plochou.

- Při dálkových spojeních (krátké vlny), vlna po mnohočetném odrazu od země a ionosféry získává smíšenou polarizaci, eliptickou nebo kruhovou.

Přijímací a vysílací typ polarizace antén má zásadní vliv na dosažení spojení mezi stanicemi. Je teoreticky nemožné navázat spojení mezi anténami s nesouladnou (např. navzájem kolmou) polarizací. [1]

2.3.6 Vyzařovací úhel antény

Anténní systémy nevyzařují stejnou intenzitou v každém směru od antény, takže se najde takový směr, kde je intenzita vyzařování nejsilnější, resp. nejslabší. Každá anténa vysílá hlavní svazek pod určitým charakteristickým úhlem. Vyjadřuje se to v polárním diagramu, kde je zvykem vycházet od zvoleného směru, intenzita vyzařování v tomto směru se zvolí jako referenční hodnota. Intenzita vyzařování v ostatních směrech se vyjádří odečtem této přijaté referenční hodnoty v decibelech.

Z praktického pohledu hovoříme o úhlech vyzařování ve dvou polarizačních rovinách: vertikální a horizontální.

Pro antény s vertikální polarizací je nejdůležitější úhel ve vertikální polarizaci, protože v horizontální rovině mají nejčastěji všesměrovou charakteristiku, která ve značné míře závisí na druhu uzemnění nebo kvalitě a množství radiál („umělá země“).

Úhel vyzařování zásadně ovlivňuje dosah spojení. Při spojení přízemní vlnou v rovinatém terénu budou účinnější antény s malým úhlem vyzařování. Naopak v hornatém terénu se budou lépe chovat antény s velkým úhlem vyzařování.

3 GP anténa

Z hlediska přizpůsobení vstupní impedance k vysílači/přijímači jsou čtvrtvlnné vertikální antény nejjednodušší, protože je u nich možné vstoupit přímo do kmitny proudu nebo napětí a tak do antény zavést budící napětí. Pro výhodné vlastnosti čtvrtvlnné antény ji radioamatéři upravili a začali používat pod názvem Ground plane anténa, tedy „Anténa s vlastní zemní rovinou“.

Ground plane anténa (zkráceně GP anténa) jejíž rezonanční délka je $\lambda/4$, je nejjednodušším typem všesměrové antény. Jedná se o vertikální anténu, u které se vyzařovací charakteristika v horizontální rovině blíží ke kruhové všesměrové charakteristice. Ve vertikální rovině disponuje malými vyzařovacími úhly. Výkonový zisk čtvrtvlnné GP antény vzhledem k půlvlnnému dipólu je -1 dB_d .

Vstupní impedance GP antény může být dána úhlem, který svírají prvky této antény. Při správném úhlu je vstupní impedance 50Ω , což při nesouměrné povaze antény umožňuje připojení koaxiálního kabelu s impedancí rovněž 50Ω , bez jakéhokoliv přizpůsobovacího členu, na rozdíl od ostatních vertikálních antén (bez vlastní země), které vyžadují symetrické připojení pomocí symetrizačního přizpůsobovacího obvodu, ten ale do systému vždy zavede nežádoucí útlum.

3.1 Konstrukční prvky GP antény

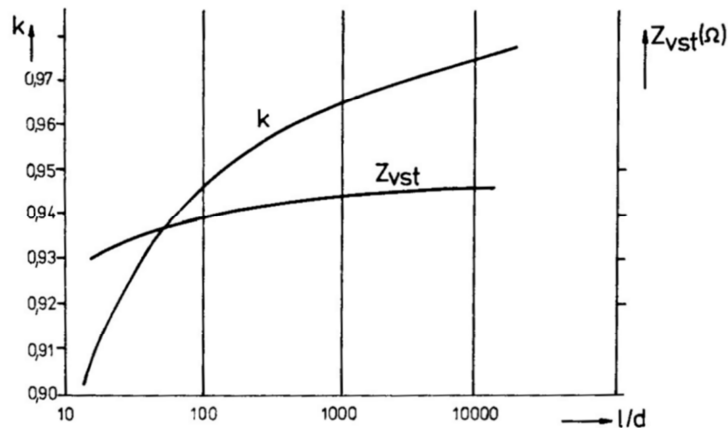
GP anténa je sama o sobě velmi snadno konstrukčně řešitelná, skládá ze dvou hlavních částí, zářiče a umělé země.

Zářič je aktivní část antény, která předává vř energii do prostoru. Obvykle je to tyč, která se připojí k střednímu vodiči koaxiálního kabelu. Základním zářičem pro GP antény je vodič délky $\lambda/4$. Skutečné délky čtvrtvlnných zářičů jsou vždy menší než vypočtené elektrické délky, vlivem koncových kapacit zářičů, případně kapacit anténních svorek. Zkrácení se rovněž týká i prvků umělé země (protiváhy). Zkrácení je závislé na štiřlosti prvků, čím jsou prvky antény širší, tím je zkrácení větší. Vypočtené elektrické délky je nutno násobit tzv. štiřlostním zkracovacím koeficientem k , přičemž k je funkcí l/d , kde l je vypočtená elektrická délka prvku a d je průměr prvku. Štiřlostní koeficient k může nabývat hodnot od 0,90 do 0,98, podle Obr. 3.1. Pokud se použijí paprsky protiváhy o jiném průměru, než je zářič, bude pro ně platit individuální k .

Výpočet geometrické délky prvků čtvrtvlnné antény se vypočítá podle vzorce:

$$l = \frac{c \cdot k}{4 \cdot f} [\text{m}] \quad (3.1)$$

kde jsou: c - rychlost světla ve vakuu [m/s], k - štiřlostní koeficient podle Obr. 3.1 [-], f - rezonanční frekvence antény [MHz].



Obr. 3.1 Průběh štiřlostního koeficientu zkrácení [4]

Další část GP antény je takzvaná umělá zem. Pojem „zem“ v anténní technice neznamená zem jako takovou. Je to část antény, která nahrazuje vodivý povrch země, nejčastěji jsou to kovové tyče délky $\sim \lambda/4$ (ale může to být také plech, kovová síťka, karoserie auta, atd.), které jsou umístěny u paty zářiče, vodivě propojeny mezi sebou a spojeny se stíněním koaxiálního kabelu. Soustava prvků se označuje jako protiváha a prvkům, které tvoří umělou zem, se říká radiály nebo také protiváhy. Umělá zem musí být elektricky vodivá a neprostupná pro elektromagnetické vlny.

Radiální zemnicí systém je potřebný, protože prostor okolo antény je nasycen dielektrickými posuvnými proudy, které se uzavírají zemí nejkratší vodivou cestou k patě antény a tak uzavírají proudový okruh. Když se ve směru proudů, tj. radiálně k anténě, natáhnou položené vodiče, nebo se vodiče zakopou pod povrch země, potom zemní proudy opustí zem a jdou cestou po napnutých radiálních vodičích, pro jejich menší odpor, k patě antény. H. G. Brown dokázal, že intenzita proudu v radiálních paprscích o délce $\lambda/4$ až $\lambda/3$ poklesne na 1% původní intenzity v patě antény, protože nad touto délkou už proudy převážně tečou zemí, není potřeba používat délky nad $\lambda/4$. Na šířce vodičů záleží méně než na počtu, čím kratší vlna tím více radiálních vodičů by mělo být použito.

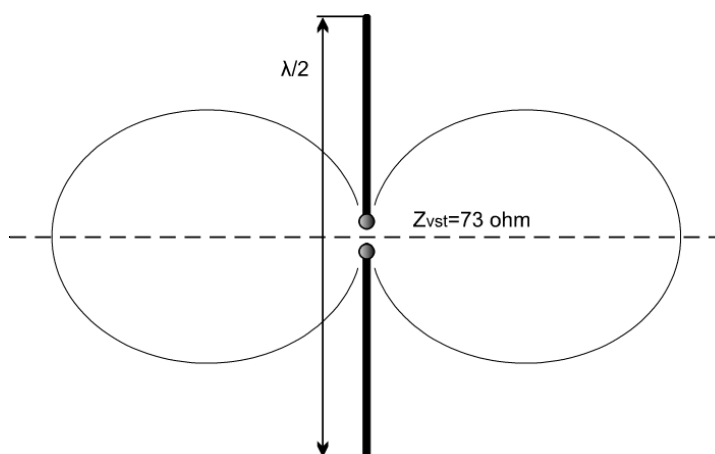
Když se tato anténa umístí nad zem alespoň do výšky $\lambda/4$, vystačí se se 4 paprsky, ale pokud by se anténa položila na zem nebo uložila do země na 5 až 10 cm, pak je třeba počet paprsků zvýšit na 8 až 16. [2]

Skutečnost, že GP anténa pracuje vždy proti ideální zemi, znamená, že odpadá obvyklý problém zavěšení antény co nejvýše, postačuje, když je anténa umístěna tak, aby v jejím poli nebyly žádné stínící nebo absorbující předměty (komíny, husté stromy apod.). V ideálním případě by měla být

zachována zásada, že zemní rovina má být tak vysoko, aby napájecí koaxiální kabel mohl jít alespoň v délce $\lambda/4$ svisle dolů od antény. Ke zvláštnímu zhoršení však nedojde, ani je-li napájecí kabel veden přímo od paty zářiče vodorovně. Z toho vyplývá, že umělou zemní rovinu můžeme umístit i velmi nízko nad skutečnou zem nebo přímo na ni, nebo ji dokonce zakopat do země. [5]

3.2 Vznik GP antény

Základní anténou, ze které jsou v podstatě odvozeny téměř všechny typy stacionárních (základnových), mobilních (vozidlových), i přenosných (portable) antén je půlvlnný ($\lambda/2$) vertikální dipól Obr. 3.2. Hlavními vlastnostmi půlvlnného dipólu jsou: všesměrový vyzařovací diagram v horizontální rovině, vyzařovací diagram ve vertikální rovině, který má maxima v rovině horizontu a minima ve směru podél osy dipólu, vstupní impedance na svorkách uprostřed půlvlnného dipólu je zhruba 73Ω . Ideální vlastnosti dipólu ve volném prostoru jsou ale v praxi nepříznivě ovlivňovány výškou antény nad zemí, blízkostí jiných kovových svislých vodičů, stožárů, apod. [3]

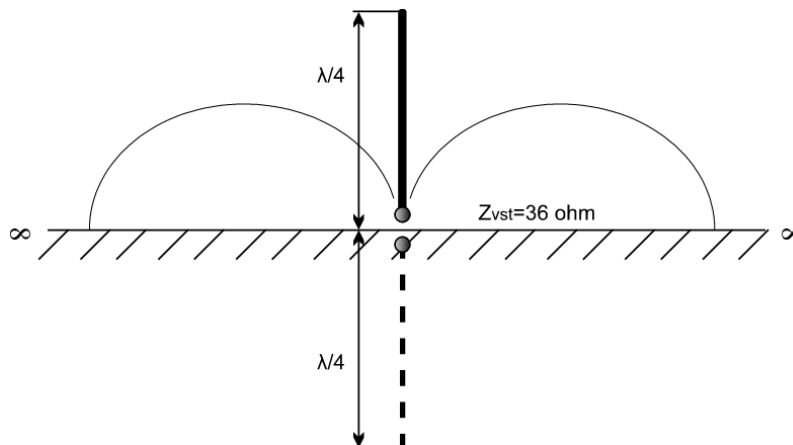


Obr. 3.2. Vyzařovací diagram půlvlnného dipólu ve vertikální rovině

Pro nižší kmitočty např. CB pásmo (Citizen Band pásmo – občanské nelicencované radiové pásmo s kmitočtovým rozsahem 26,565 až 27,405 MHz) vychází vlnová délka λ okolo 10 metrů, tudíž už začíná být praktická realizace půlvlnného dipólu nevhodná, z důvodu příliš velkých rozměrů antény. Nejvhodnějším řešením v takovýchto případech je použití čtvrtvlnné antény ($\lambda/4$), nejlépe nad paprskovitou protiváhou – GP anténa.

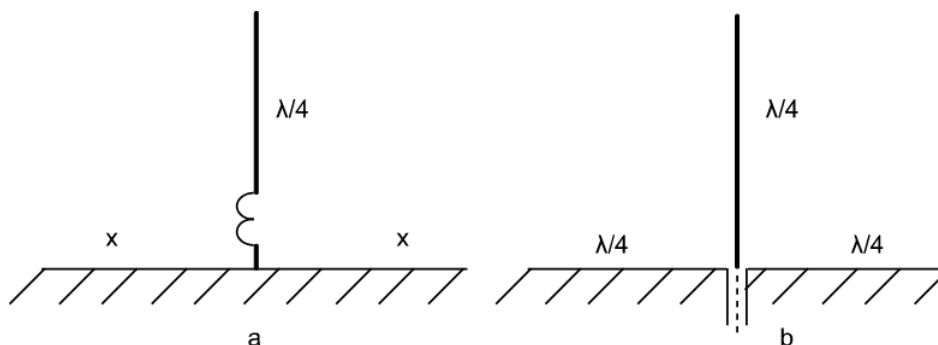
Proložíme-li půlvlnný dipól uprostřed teoreticky nekonečně velkou vodivou plochou, můžeme spodní polovinu dipólu o délce $\lambda/4$ odstranit, aniž to ovlivní původní vyzařovací vlastnosti (Obr. 3.3). V tomto uspořádání se z původního dipólu stává tak zvaný unipól či monopól. Vstupní impedance

čtvrtvlnného unipólu se nad touto nekonečnou vodivou plochou zmenší přibližně na polovinu původní velikosti, zhruba na 36Ω .



Obr. 3.3 Unipól $\lambda/4$ umístěn nad teoreticky nekonečně velkou vodivou plochou vyzařuje maximálně v rovině horizontu

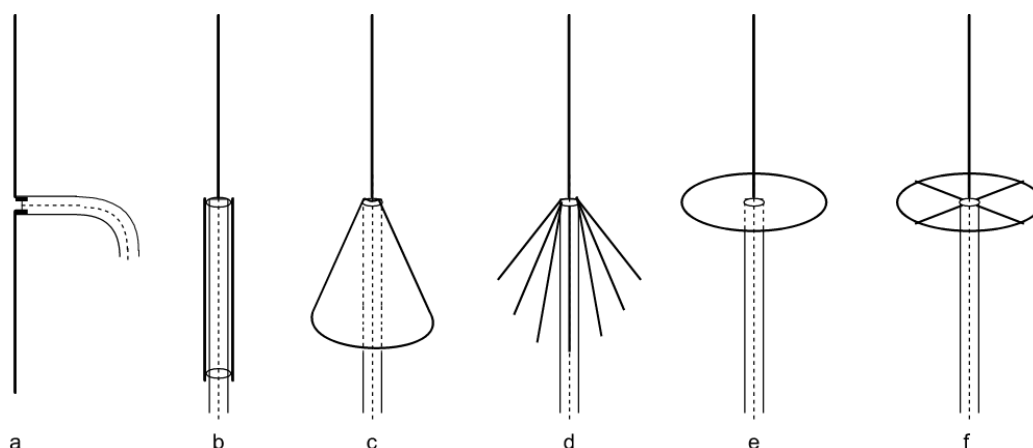
Nahradí-li se teoreticky nekonečná vodivá plocha skutečnou zemí, dostaneme tzv. Marconiho čtvrtvlnnou anténu. Marconiho anténa je vertikální zářič délky $\lambda/4$ (nebo lichý počet $\lambda/4$), který pracuje přímo proti zemi a je napájen v uzlu napětí u paty antény (Obr. 3.4). Tato anténa musí mít instalovaný dokonalý zemní systém, který se provádí jako pole zakopaných, paprskovitě se rozbíhajících vodičů, délky $\lambda/4$ od paty antény (Obr. 3.4). Marconiho anténa je používána v pásmech středních a krátkých vln. Ground Plane anténu je v podstatě možné chápat jako radioamatéry upravenou Marconiho anténu. Když se zemnicí systém Marconiho antény vykope ze země a umístí na vhodném místě ve volném prostoru, dostáváme GP anténu. To je jeden ze způsobů jak si odvodit vznik GP antény.



Obr. 3.4 Vývoj GP antény z Marconiho antény: a) Marconiho anténa pracuje proti bezrozměrné zemní rovině (x), b) vymezením elektrické země na kruhovou plochu o poloměru $\lambda/4$ vzniká ekvivalent GP antény

Druhým způsobem odvození vzniku GP antény je postupný vývoj nahrazení teoreticky nekonečné zemní plochy. Vlastnosti antény budou tím lepší, čím vodivější bude země. Radioamatéři se pokoušeli najít řešení, čím nejlépe nahradit teoreticky nekonečně velkou vodivou plochu. Postupně se vyvíjelo několik řešení.

Když se u vertikálního půlvlnného dipólu nahradí jeho dolní polovina trubkou o délce $\lambda/4$ navlečenou na napájecí kabel, ale od něj izolovanou, vzniká takzvaná rukávová anténa (Obr. 3.5 b).



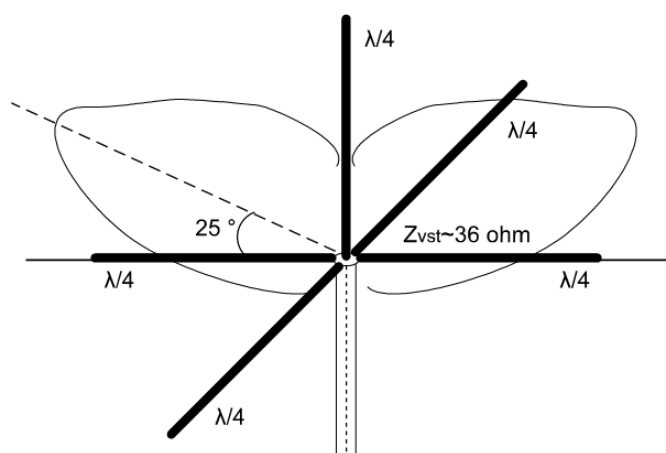
Obr. 3.5 Postupný vývoj GP antény z vertikálního půlvlnného dipólu a) vertikální dipól, b) rukávový dipól, c) dolní čtvrtvlna rozvinuta v kužel, d) kužel nahrazen tyčemi, e) dolní čtvrtvlna přechází ve vodorovnou kruhovou zemní rovinu, f) zemní rovinu elektricky plně nahrazuje obvodový kruh s paprsky

Dále je možné nahradit trubku tvořící dolní polovinu rukávového dipólu kuželem s povrchovou přímku rovnou opět délce $\lambda/4$ (Obr. 3.5 c). Postupným zvyšováním vrcholového úhlu kužele, se zmenšuje aktivní podíl dolní poloviny dipólu (tj. kužele) na vyzařování antény, současně však roste její pasivní vyzařování z horní poloviny – nedochází tedy k žádným ztrátám. Zároveň se ovšem zvětšuje i vzájemné působení obou elementů antény a tím klesá její vyzařovací odpor.

Není nutné, aby byl kužel tvořen souvislou plochou, stejné vlastnosti bude mít i kužel složený z tyčí (Obr. 3.5 d). Zvětší-li se vrcholový úhel kužele až na 180° , dostáváme tím GP anténu (Obr. 3.5 e), kde je zemní rovina nahrazena kovovou plochou o poloměru $\lambda/4$. Bylo zjištěno, že ani zde nemusí být zemní rovina tvořena plnou plochou. Zemní rovina může být vytvořena formou kruhu vyztuženého několika paprsky (Obr. 3.5 f). [5] Ve finálním řešení je možné vypustit i vnější kruh a utvořit zemní rovinu pouze ze soustavy paprskovitě se rozbíhajících vodičů, od paty zářiče, délky $\lambda/4$, této soustavě se říká protiváha. Postačující počet paprsků, podle studie H. G. Browna, jsou čtyři. Konečné řešení Ground Plane antény je zobrazeno na Obr. 3.6. Dostáváme tedy rezonující vertikální

vyzařující systém, pracující vždy a za všech okolností proti dokonalé zemi. Anténu je možné snadno vysunout nad zem, tzn. umístit na budovy či samostatné stožáry, kdy se pak navíc může uplatnit i tzv. výškový zisk.

Žádané a předpokládané účinky GP antény závisí na správné délce zářiče unipólu a na kvalitě protiváhy. Pro správnou činnost GP antény je protiváha naprosto nezbytná. U stacionárních antén je protiváha tvořena minimálně třemi, raději však čtyřmi paprskovitě uspořádanými vodiči o délce minimálně $\lambda/4$. U vozidlových antén je možné za protiváhu považovat vnější povrch kovové karosérie. Nejdůležitějším rozměrem GP antény je délka zářiče unipólu $\lambda/4$. Délka vodorovných radiálních prvků protiváhy není kritická, měla by však být minimálně $\lambda/4$.



Obr. 3.6 GP anténa s vodorovnou protiváhou tvořenou čtyřmi prvky vyzařuje maximum energie cca 25 ° nad rovinu horizontu

Při základním provedení, kdy radiální vodiče svírají mezi zářičem úhel 90 °, anténa disponuje méně příznivým vyzařováním (příjem) ve vertikální rovině, protože maximum vyzážené energie je vychýleno asi o 25 ° nad horizont. Rovněž menší impedance, která je asi 36 Ω, poněkud zhoršuje přizpůsobení k běžnému sousému kabelu o charakteristické impedanci 50 Ω.

3.3 Možnosti konstrukčního provedení

Problémem základní konstrukce GP antény (Obr. 3.6) je, že při tomto řešení anténa vyzařuje maximum energie pod úhlem 25 °, ztrácí se tak charakter nízko úhlového vyzařování, potřebný pro dálkovou komunikaci. Dalším problémem je vstupní odpor v kmitně proudu u paty GP antény, protože má hodnotu asi 36 Ω a nelze sem připojit žádný napájecí koaxiální kabel – vyrábějí převážně jen koaxiální kabely s charakteristickou impedancí 50 a 75 Ω.

K zajištění nízko úhlového vyzařování a přizpůsobení vstupní impedance existuje několik možností úpravy základního zapojení GP antény, které se dají udělat amatérskými prostředky.

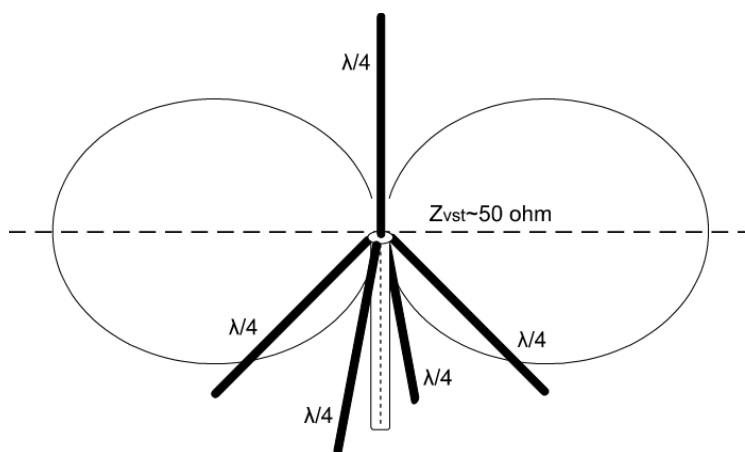
Přizpůsobení odporové složky vstupní impedance GP antény vyzařovacímu odporu napáječe a zajištění vyzařování pod nízkým úhlem, je možné pomocí následujících řešení.

3.3.1 Zešikmení paprsků protiváhy

Příznivé vyzařování a příjem s maximem v rovině horizontu má GP anténa s šikmými radiály Obr. 3.7. Z důvodů své jednoduchosti se jedná se o nejčastěji používané řešení. Vychází se z toho, že vstupní impedance GP antény je závislá na úhlu, který svírá zářič a radiály. Při úhlu 90° je vstupní impedance antény cca $36\ \Omega$. Zešikmením paprsků protiváhy na 135° , vzroste odporová složka asi na $50\ \Omega$, proto lze koaxiálním kabelem s charakteristickou impedancí $50\ \Omega$ přímo vstoupit do kmitny proudu v patě antény, takže zde odpadá starost o přizpůsobovací rezonanční člen.

Délka šikmých radiál by měla být přesně $\lambda/4$, tato délka je již, na rozdíl od vodorovných radiál, kritická, protože svou délkou současně přispívá k vř oddělení svislého stožáru od vlastní antény tak, aby se stožár, popř. napájecí kabel nepodílel na vyzařování, či příjmu tzn., aby nepříznivě neovlivňoval vyzařovací vlastnosti. Čím svislejší jsou radiály, tím snadněji mohou svou nevhodnou délkou vybudit anténní proudy.

Švýcarský radioamatér HB9OB zjistil, že je nutné vyzdvižení spodního konce zářiče GP antény do měrné výšky asi $\lambda/4$, poté vyzařovací diagram opět nabude plochý charakter. [2]



Obr. 3.7 Šikmé radiály zlepšují u antény GP vyzařování v rovině horizontu a zvětšují impedanci antény

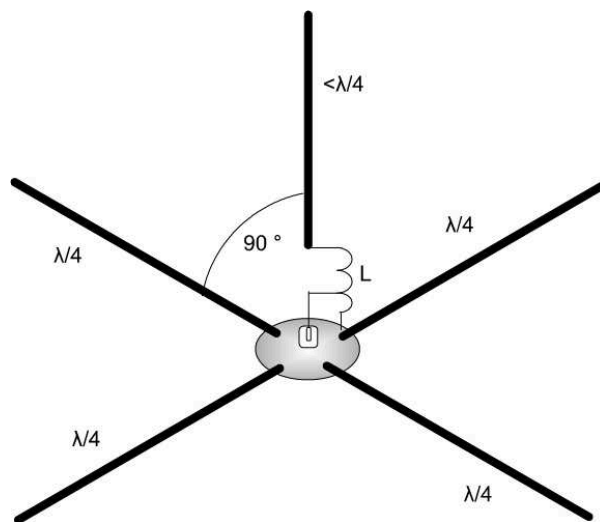
3.3.2 Zkrácení zářiče pod původní délkou $\lambda/4$

Přizpůsobení zkrácením zářiče pod délkou $\lambda/4$. Kompenzace vstupní impedance je provedena vložením indukčnosti – Obr. 3.8. Je třeba vypořádat se s problémem přizpůsobení vyzařovacího odporu napáječe nízké odporové složce vstupní impedance, kompenzací její kapacitní reaktance nastavením indukčnosti X_L , cívkou o hodnotě L [μH] pomocí převodového vzorce:

$$X_L = X_{rvst}; \quad 2\pi \cdot f \cdot 10^6 \cdot L \cdot 10^{-6} = X_{rvst}; \quad L = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{X_{rvst}}{f} = 0,15916 \cdot \frac{X_{rvst}}{f} \quad [\mu\text{H}]$$

kde indukčnost L se vyjádří v μH , pokud X_{rvst} dosadíme v ohmech a frekvenci f v MHz.

Zkrátíme původní délkou zářiče oproti stavu, kdy rezonuje na požadovaném kmitočtu. Kompenzační cívku zapojíme do napájecího bodu antény a to tak, že jeden konec připojíme k zářiči a druhý tzv. studený zapojíme na společný bod protiváhy. Změnou indukčnosti (počtem závitů cívky) vyladíme GP anténu na rezonanci $1/4 \lambda$. Pokud bude indukčnost dostatečně vysoká lze dosáhnout rezonance třeba i $1/2 \lambda$ (indukčnost se řádově pohybuje v jednotkách μH). Po tomto úspěšně ukončeném naladění požadovaného rezonančního kmitočtu, budeme hledat shodnou impedanci mezi napáječem a GP anténou. To provedeme tak, že z cívky vyvedeme odbočku, kterou připojíme k střednímu vodiči koaxiálního kabelu. Změnou její polohy lze snadno dosáhnout požadovaných hodnot ve vztahu k napájecímu koaxiálnímu vodiči.



Obr. 3.8 Přizpůsobení zkrácením zářiče pod délkou $\lambda/4$ kompenzace je provedena vložením indukčnosti

Například pro přenosné (portable) antény, které jsou určeny pro nižší kmitočty, nelze prakticky z provozních i konstrukčních důvodů použít zářič plné čtvrtvlnné délky. Prakticky

používaná délka se proto prodlužuje indukčností (cívkou) tak, aby i takto krátká anténa působila jako „elektrická“ čtvrtvlnná anténa.

Tento způsob je pravděpodobně jedním z nejvhodnějších. Mimo vhodného přizpůsobení získáme ještě jednu velmi potřebnou výhodu, kterou GP anténa v jiných případech konstrukčního provedení nedisponuje – můžeme galvanicky uzemnit zářič, což je v souladu s bezpečnostními požadavky ochrany antény před účinky statické elektřiny v ovzduší. Anténa je tak chráněna proti nebezpečí zničení vstupních obvodů stanice.

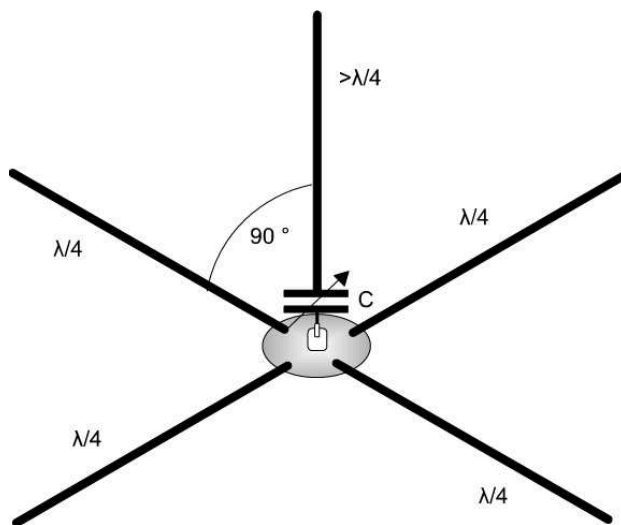
3.3.3 Prodloužení původní délky zářiče nad $\lambda/4$

Další možné řešení spočívá v prodloužení původní čtvrtvlnné délky zářiče – Obr. 3.9, to vyvolá v patním napájecím bodě zvětšení vstupní impedance současně v obou jejích složkách. Úkolem je najít takové prodloužení délky zářiče GP antény, aby se ohmická hodnota zvětšené odporové složky rovnala vyzařovacímu odporu napáječe a aby se kompenzací kladné jalové složky dosáhl rezonanční stav. Kompenzuje se vložením otočného kondenzátoru mezi zářič a střední vodič koaxiálního kabelu, nastavení otočného kondenzátoru na potřebnou kapacitu se uskuteční pomocí převodu:

$$X_c = X_{rvst}; X_{rvst} = \frac{10^{12}}{2\pi \cdot f \cdot 10^6 C}; C = \frac{10^6}{2\pi} \cdot \frac{1}{X_{rvst} \cdot f} = 159151 \cdot \frac{1}{X_{rvst} \cdot f} \text{ [pF]}$$

kde kapacita C se vyjádří v pF, pokud X_{rvst} dosadíme v ohmech a frekvenci f v MHz.

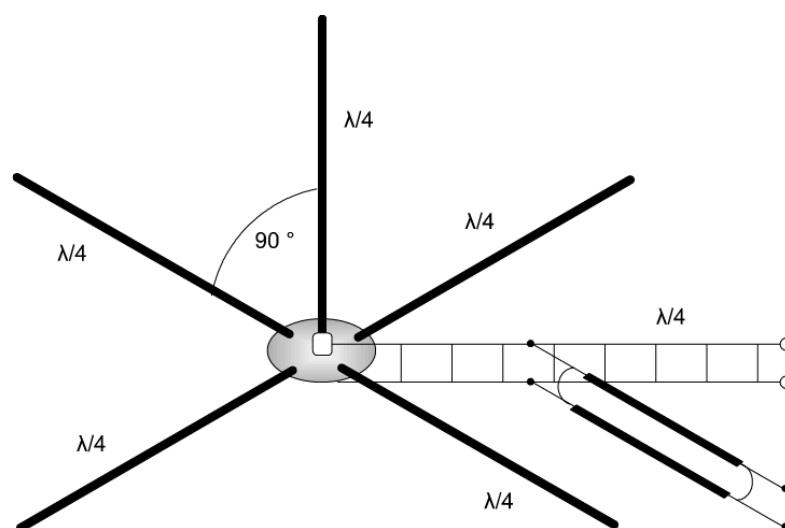
Takové řešení nám zachovává plochý charakter vyzařování GP antény, na druhou stranu přináší potřebu chránit kondenzátor proti vlivu povětrí.



Obr. 3.9 Prodloužení nad $\lambda/4$ při současné kompenzaci jalové složky reaktancí kondenzátoru

3.3.4 Připojení otevřeného čtvrtvlnného přizpůsobovacího pahýlu

Připojení otevřeného čtvrtvlnného přizpůsobovacího pahýlu (aby se mohla připojit libovolná napájecí linka o jakémkoli vyzařovacím odporu) se uskutečňuje do napájecího bodu mezi patu zářiče a kroužek, na který se připájejí paprsky protiváhy podle Obr. 3.10. Úkolem je najít posouváním konců napáječe po pahýlu takové místo, ve kterém se bude rovnat vstupní impedance vyzařovacímu odporu napáječe. Je to zdlouhavá práce a potřeba fixovat přizpůsobovací pahýl, přináší jisté komplikace v provozu. Správnost nastavení je třeba kontrolovat buď metodou maximálního přívodu proudu do antény, nebo pomocí maximálního pole určovaného ve větší vzdálenosti od antény (stačí 300 až 500 m).



Obr. 3.10 Připojení otevřeného čtvrtvlnného přizpůsobovacího pahýlu

3.4 Použití GP antény

GP antény jsou nejčastěji používány pro rádiovou komunikaci při frekvencích nad 10 MHz. Jsou to frekvence, při kterých jsou rozměry antény ještě dobře konstrukčně zvládnutelné. Zejména populární jsou GP antény pro bez licenční CB pásmo 26,565 až 27,405 MHz.

CB (Citizen Band) je občanské pásmo, skupina radiových frekvencí, které při dodržování pravidel může používat každý občan k hovoru se svou rodinou, známými, ale i neznámými lidmi. Hlavními výhodami CB pásma jsou: není nutno podepisovat žádné smlouvy, není nutné platit za hovory žádné paušály ani poplatky, jako třeba za mobilní telefon. Není třeba skládat žádné radioamatérské zkoušky, ovládání vysílaček je velmi jednoduché. Cena zařízení je relativně nízká. Pomáhá při cestách autem – je možné se dozvědět aktuální informace o dění na silnicích, policejních hlídkách apod.

Nejčastěji se CB pásmo používá pro spojení mezi členy rodiny, např. mezi chatou, autem a domácností a mezi přáteli. Pro někoho se CB stává celoživotním koníčkem. Tito lidé poté pořádají expedice, ve kterých se snaží navázat spojení na co největší vzdálenost. Expedice se pořádají na vyvýšená místa. Specifikem CB je používání v provozu kamionů. Na mnoha místech fungují na kanále 10 tzv. „infa“, která poradí ohledně situace na silnici, případně navedou na správné místo. CB může sloužit také pro dorozumívání při přírodních katastrofách, jelikož je závislé pouze na elektrickém napájení, které může obstarat např. akumulátor z automobilu. V České republice je dovoleno používat 80 kanálů s frekvenční modulací a maximálním vysokofrekvenčním výkonem koncového stupně radiostanice 4 W, pouze s vertikální polarizací. [6]

GP anténa je vhodná pro spojení na velké vzdálenosti, takzvanou DX (D - vzdálenost (distance), X - neznámá) komunikaci. Je to dáno vlastnostmi antény – při své čtvrtvlnné délce má anténa plochou vertikální vyzařovací charakteristiku a v horizontální rovině má všesměrový vyzařovací diagram. Tyto vlastnosti jsou výhodné pro dálková spojení.

Tento odstavec obecně popisuje vyzařovací vlastnosti vertikálních antén, tedy i GP antény. Vlny se šíří na malou vzdálenost jen povrchovou přízemní vlnou a to jak ve dne, tak v noci. Za určitých předpokladů je možné získat celkem spolehlivé spojení v okruhu zhruba 150 až 200 km bez odražené vlny, přes den nebo v čase, kdy se vyzařování pod vysokým úhlem nevrátí od ionosféry – zejména v nočních hodinách. Při provozu s vertikální anténou na větší vzdálenosti se projevuje účinek prostorové vlny, protože intenzita záření (při dostatečném vyzařovaném výkonu) v nízkých úhlech, již stačí na vytvoření svazku přeskokem na vzdálenost přes 600 km. Signál prostorové vlny se ve velké vzdálenosti utlumí, což vyvolává dojem, že není možné pracovat v denní době na velké vzdálenosti. Zkušenosti z provozu ovšem potvrzují, že taková práce možná je a signály pronikají příležitostně ve dne až do vzdáleností okolo 1500 až 1600 km. Je možné si to zdůvodnit odrazem od E vrstvy ionosféry (90 až 110 km nad povrchem Země), zejména díky nízkým vyzařovacím úhlům ve vertikální rovině. [2]

3.5 Klady a zápory GP antény

Mezi klady patří tyto vlastnosti:

- Není zapotřebí použití symetrizačního a transformačního členu, vstupní impedance je vlivem jedné z popsaných konstrukčních úprav stejná, jako charakteristická impedance koaxiálního kabelu 50 Ω .

- Snadné zhotovení – samozřejmě záleží na konstrukci pro daný kmitočet (pro nižší kmitočty je s anténou horší manipulace, z důvodu větší délky vodičů) a pečlivosti konstrukčního provedení. Jednoduchou GP anténu je možné zkonstruovat již do několika desítek minut.
- Snadné ladění při realizaci vícepásmové antény – rezonance hlavního zářiče by se neměla přidáním jednoho či více prvků zářiče změnit.
- Možnost přenosného provedení – tuto anténu je možno jednoduše sestavit i v přenosném provedení.

K nevýhodám se řadí tyto vlastnosti:

- Horší mechanická pevnost – velkou nevýhodou je, že konstrukce GP antény je poněkud chatrná.
- Problematické uchycení po straně kovového stožáru – pro její chatrnou konstrukci je zapotřebí dobře navrhnout její stabilní upevnění ke stožáru.
- Rozměrnost antény – pro menší kmitočty GP antény zabírají poměrně hodně místa, co se týká šířky, je to způsobeno natažením radiál do stran okolo zářiče.
- Náchylnost na výskyt statické elektřiny v ovzduší – u GP antén je vnitřní vodič sousedního kabelu většinou přímo spojen se zářičem. U stacionárních antén to ale není výhodné z hlediska ochrany vstupních obvodů radiostanice před účinkem statické elektřiny. Tzv.bleskojistky zařazované do sousedního kabelu jsou účinné jen při silných výbojích. Je zapotřebí realizovat galvanické spojení zářiče se zemí paralelním čtvrtvlnným úsekem zkratovaného sousedního kabelu u anténních svorek nebo na vstupním konektoru radiostanice (popř. tzv. bočníkové napájení uzemněného zářiče), které chrání lépe i při slabších statických výbojích. [3] Nebo použít konstrukční provedení s patní cívkou.

4 Návrh GP antény

4.1 Rezonanční kmitočet a výpočet délky prvků GP antény

Jako rezonanční kmitočet byl zvolen 40. kanál CB pásma. Kmitočet z CB pásma byl zvolen, protože GP antény jsou radioamatéry právě pro CB pásmo využívány nejčastěji. 40. kanálem je rozuměn kmitočet 27,405 MHz. Je to kanál, který není vyhrazen pro žádné speciální využití, jako jsou například CB kanály: 1, 9, 10, 18, 23, 24, 25, 52, 53, 76 a 77. Kanály 24, 25, 52, 53, 76, 77 jsou využívány pro přenos dat, kanály 18, 23 pro provoz dálkově ovládaných záznamníků, kanál 9 pro nouzové volání v případě neštěstí, kanál 10 pro dorozumívání mezi řidiči kamionů a kanály 1, 80 jako svolávací a vyvolávací kanály. [7]

Pro správný návrh GP antény je nejdříve z kmitočtu 27,405 MHz nutné vypočítat geometrickou délku prvků, ze kterých bude anténa zkonstruována. Vypočteme vlnovou délku $\lambda/4$, pomocí vzorce pro vlnovou délku:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300 \cdot 10^6}{27,405 \cdot 10^6} = 10,95 \text{ m}$$

$$\lambda/4 = \frac{10,95}{4} = 2,74 \text{ m}$$

Tuto délku je zapotřebí vynásobit takzvaným štíhlostním zkracovacím koeficientem k (viz Obr. 3.1), jehož funkcí je vypočtená délka $l = \lambda/4$ k průměru vodičů d . Délka l je rovna 2,74 m. Průměr vodiče d , který bude tvořit zářič a radiály, bude 1 mm.

$$l/d = 2,74 / 0,001 = 2740$$

Z Obr. 3.1 této hodnotě odpovídá koeficient zkrácení k hodnotě 0,965.

$$k \cdot l = 0,965 \cdot 2,74 = 2,64 \text{ m}$$

Výsledná geometrická délka zářiče i jednotlivých radiál je tedy 2,64 m.

4.2 Simulace v programu MMANA-GAL

K teoretickému návrhu GP antény byl použit freewarový program MMANA-GAL. Program MMANA-GAL je napsán japonským radioamatérem Makoto Morim. Vlastní modelování probíhá pomocí matematického jádra NEC-2 vyvinutého v Livermore Laboratories v sedmdesátých letech pro sálové počítače především pro vojenské a kosmické komunikace. Na začátku devadesátých let bylo jádro nahrazeno modernějším jádrem NEC-4 a jádro NEC-2 bylo zcela uvolněno pro všeobecné

použití. Využití jádra je podmíněno napsáním vstupně/výstupního systému, kterým je např. právě program MMANA.

Pro matematické zpracování využívá jádro NEC metodu momentů, tzn. že anténní prvek je rozdělen na segmenty, program spočítá vlastnosti a chování jednotlivých segmentů a poté vliv ostatních segmentů na počítaný segment, zkombinováním (superpozicí) se získají výsledné vlastnosti řady prvků – antény.

Prostředí programu MMANAGAL je podobné většině aplikací pod OS Windows. Vytvořené modely antén se ukládají do souborů s příponou maa. [8]

Program je rozdělen na čtyři pracovní plochy, obrázky těchto ploch z provedené simulace jsou uloženy v příloze A: Simulace GP antény:

4.2.1 Geometrie

Tato plocha obsahuje tabulku, která slouží k sestavení modelu antény, nastavuje se zde umístění, velikost prvků antény (také segmentace použitých prvků), včetně umístění zdrojů a případných přizpůsobovacích obvodů.

Na pracovní ploše Geometrie (Obr. A.1) je nejdříve potřeba zadat rezonanční frekvenci navrhované antény v MHz. Ostatní parametry Auto segmentování nad tabulkou Vodiče nejsou pro tento návrh podstatné. DM1 je počáteční hodnota taperingu, standardně nastavená na hodnotu 800, $800 = \lambda / DM1 \cdot EC$. DM2 je koncová hodnota taperingu, standardně nastavená na hodnotu 80, $80 = \lambda / DM2 \cdot SC$. Tapering rozdělí vodič na různě dlouhé segmenty. Tato metoda je závislá na výskytu uzlů a kmiten na proudovém obložení antény. Parametr SC je násobič, který udává počet vytvářených segmentů, standardně je nastaven na hodnotu 2. Parametr EC je parametr udávající číslování segmentů, standardně je nastaven na hodnotu 2.

Tabulka Vodiče slouží pro vkládání jednotlivých prvků antény, prvky jsou do prostoru umísťovány pomocí kartézské soustavy souřadnic, kde souřadnice X1, Y1, Z1 definují počáteční body prvků antény a souřadnice X2, Y2, Z2 koncové body prvků, hodnoty jsou zadávány v metrech. Parametr R označuje poloměr použitých prvků v milimetrech. Parametr Seg označuje způsob segmentace, standardně -1 znamená segmentaci pomocí taperingu. Délky segmentů jsou v rozmezí od $(\lambda / DM1 \cdot EC)$ až $(\lambda / DM2 \cdot SC)$. Doporučuje se ponechat parametr Seg na hodnotě -1. Je zde možné zadat počet segmentů i manuálně (kladné hodnoty), ale to se nedoporučuje.

Pod tabulkou Vodiče se nacházejí tabulky Zdroje a Zátěže. Zdroje slouží pro umístění zdroje záření a Zátěže pro umístění přizpůsobovacích obvodů antény (ty nejsou v tomto návrhu použity). V prvním sloupci tabulky Zdroje, Pulse, se zadává hodnota umístění zdroje. Nejprve se do kolonky

Pulse, napíše w (wire) a číslo vodiče, na kterém má být zdroj umístěn, poté parametr umístění. Používá se zde zápis ve tvaru: $w<\text{číslo vodiče}><\text{parametr umístění}>$. Jako parametr je možno zvolit: c – umístění zdroje do středu vodiče, b – umístění zdroje na začátek vodiče, e – umístění zdroje na konec vodiče. Pro tuto simulaci je zdroj umístěn na začátku prvního vodiče, zápis je ve tvaru $w1b$.

Napětí Volt je standardně nastaveno na hodnotu 1 V. Na této hodnotě závisí pouze velikost proudu zobrazeného při proudovém obložení antény. Ve sloupci Phase dg se zadává fáze zdroje ve stupních. Používá se u antén využívajících fázové zpoždění.

4.2.2 Zobrazení

Tato plocha zobrazí schéma modelované antény, po dvojkliku na jednotlivé vodiče antény je možno upravovat jejich rozměry a umístění v prostoru. Model antény je zde možno různě pootáčet a přibližovat.

Jak je vidět na Obr. A.2 Obr. a Obr. A.3 všechny vodiče se rozbíhají z počátku souřadnicového systému, také zdroj záření antény je umístěn v počátku souřadnicového systému. Zářič tj. vodič 1 má délku 2,64 m, radiály, tj. vodiče 2 až 5, mají rovněž délku 2,64 m a jsou vůči zářiči skloněny o 135° , radiály mezi sebou svírají úhel 90° .

4.2.3 Výpočet

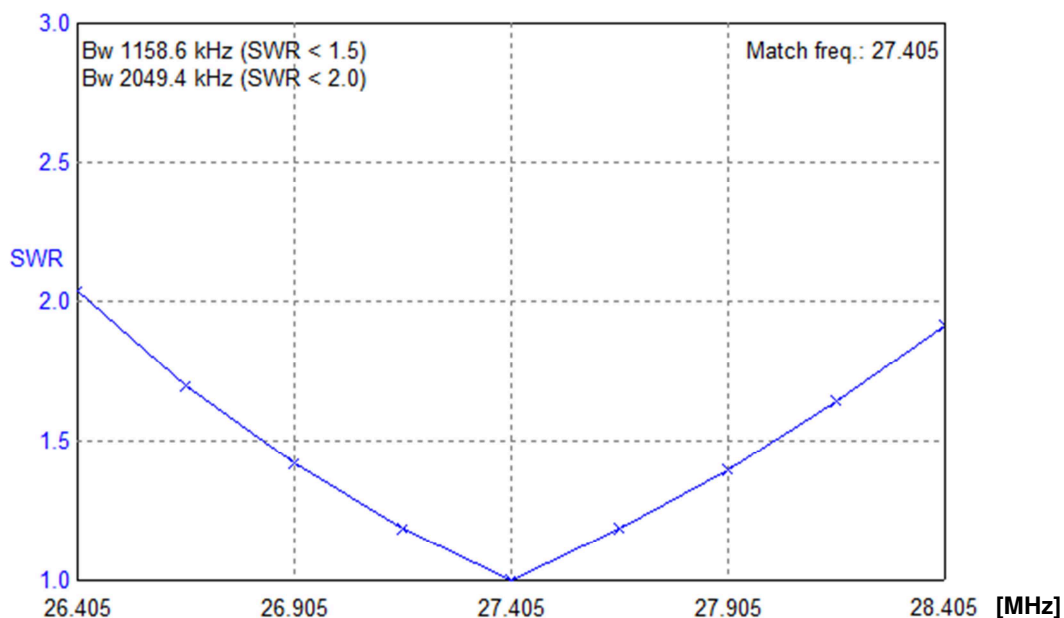
Plocha pro výpočet a analýzu výsledků sestaveného modelu antény. Před začátkem výpočtu je potřeba zadat rezonanční kmitočet a podmínky, za jakých má být anténa analyzována (výška nad zemí, typ země, materiál vodičů antény).

Jak je vidět na Obr. A.4 zadaná frekvence je 27,405 MHz. Typ země byl pro simulaci zvolen perfektní, dále je možno zvolit volný prostor a reálnou zem. Pata antény je umístěna 4 m nad zemí (výška při, které anténa vykazuje nejmenší ČSV). V nabídce materiál jsou nejběžnější materiály, ze kterých jsou vyráběny antény, v této simulaci byl jako materiál zvolen měděný vodič.

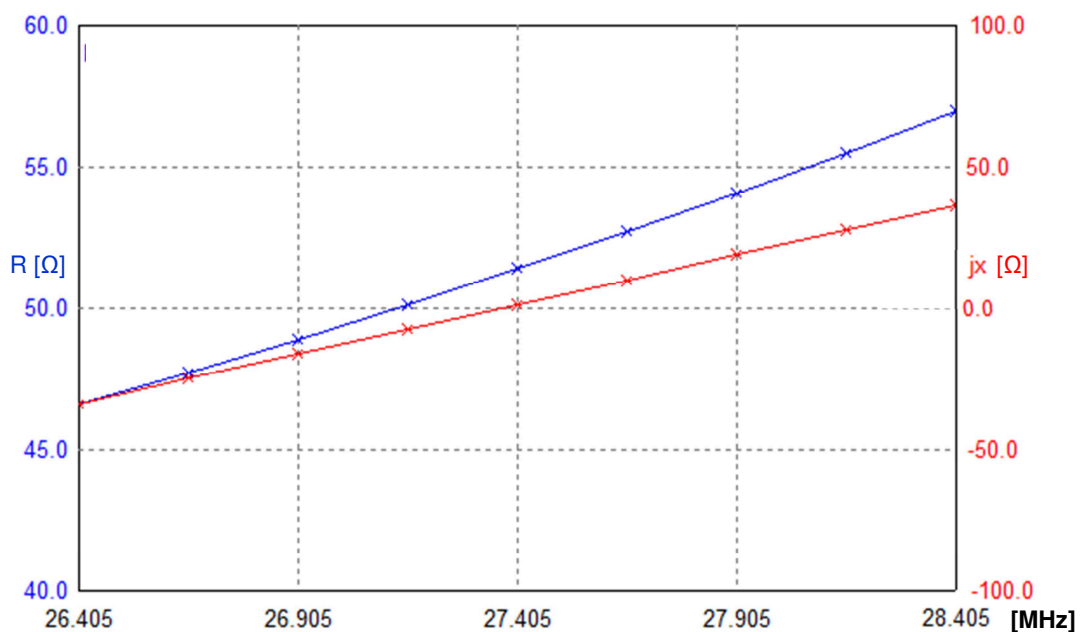
Z tabulky výpočtů parametrů antény je vidět že při frekvenci 27,405 MHz je vstupní impedance téměř ideální – blíží se k $50\ \Omega$ reálné složky a k nulové hodnotě složky imaginární. Činitel stojatých vln (ČSV), pro přizpůsobení k $50\ \Omega$ koaxiálnímu kabelu, má téměř ideální hodnotu 1,04. Zisk vůči izotropickému zářiči je pro zvolenou perfektní zem $8,07\ \text{dB}_i$, při volbě reálné země je vypočtený zisk $1,18\ \text{dB}_i$ tj. $-0,96\ \text{dB}_d$.

Plocha Výpočet rovněž umožňuje, prostřednictvím tlačítka Vykreslení, simulaci parametru ČSV a složek vstupní impedance, pro nastavené pásmo kmitočtů. V simulaci na obrázcích Obr. 4.1 a Obr. 4.2 jsou zobrazeny simulace pro pásmo od 26,405 do 28,405 MHz. Tímto rozsahem je pokryto

celé CB pásmo (26,565 až 27,405 MHz). Ze simulovaných průběhů je pro zvolený kmitočet 27,405 MHz možné vidět téměř ideální hodnoty jak ČSV tak vstupní impedance. V rámci celého CB pásma je nejhorší simulovanou hodnotou ČSV cca 1,75, což odpovídá cca 7 % odraženého výkonu na rozhraní antény a napáječe radiostanice.



Obr. 4.1 Simulovaný příklad průběhu ČSV v závislosti na použitém kmitočtu



Obr. 4.2 Simulovaný příklad průběhu vstupní impedance v závislosti na použitém kmitočtu, modrý průběh označuje vyzařovací odpor R , červený průběh reaktanci záření X

4.2.4 Vykreslení vzdáleného pole

Na této ploše je po výpočtu zobrazen horizontální a vertikální vyzařovací diagram simulované antény. Po stisknutí tlačítka Vzdálené pole 3D je možno zhlédnout vyzařovací diagram i v 3D zobrazení.

Jak je vidět z vyzařovacích diagramů na Obr. A.5 v horizontální rovině má simulovaná GP anténa všesměrový kruhový vyzařovací diagram. Ve vertikální rovině je maximum vyzářené energie v rovině horizontu. Tyto výsledky vyhovují předpokládaným vyzařovacím diagramům.

5 Praktická realizace GP antény

Po dohodě s vedoucím bakalářské práce bylo pro praktickou realizaci GP antény zvoleno jednoduché, portable drátové provedení, s přizpůsobením vstupní impedance pomocí zešíkmení protiváhy. Při tomto provedení bude zářič antény zavěšen na větvi stromu a radiály budou napnuty k zemi pomocí silonového vlasce. K realizaci drátové konstrukce GP antény je zapotřebí těchto součástí:

- 5x Měděný lankový vodič o průměru 1 mm a délce 2,64 m (délka vodičů již byla vypočtena v předešlé kapitole)
- 1x Zásuvkový PL konektor SO 239 s panelovou přírubou
- 1x Čtverec 6 x 6 cm z pozinkovaného plechu o průměru 0,5 mm
- 1x Dvousložkové epoxidové lepidlo Adhesive F-05
- 5x Svorka ze šroubovací svorkovnice
- 5x Pájecí kovové očko
- 8x Šroub M3
- 4x Matice M3

Co se rozpočtu týká, celková cena drátové GP antény vyrobené z výše uvedených částí vychází zhruba na 275 Kč. Přibližná cena jednotlivých částí: měděné lanko 1 mm 8,40 Kč/metr, konektor SO 239 19,90 Kč, epoxidové lepidlo 95 Kč, zakončovací kovové očko 2,20 Kč/ks, šroubky M3 1 Kč/ks, matice M3 0,60 Kč/ks, svorkovnice 12 Kč, pozinkovaný plech 0,5 mm 10 x 10 cm 10 Kč. Nejdražšími položkami ze všech jsou měděné lanko a epoxidové lepidlo. V praxi se používají i úplně jednoduchá řešení konstrukce, kde se vodiče připevní přímo ke čtyřem otvorům v panelové přírubě konektoru, čímž je možné na konstrukci ušetřit část finančních prostředků, nicméně pak bude složitější napnout radiály pod přesným úhlem.



Obr. 5.1 Prvky potřebné ke konstrukci drátové GP antény

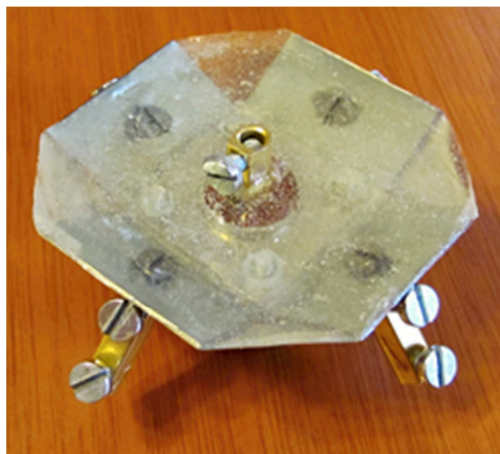
5.1 Postup realizace

Nejdříve je zapotřebí zkonstruovat středový díl, ke kterému budou později připevněny vodiče tvořící zářič a radiály. Důležité je, aby radiály byly spolu vodivě propojeny, byly spojeny se stíněním koaxiálního kabelu a svíraly vůči sobě úhel 90° a vůči zářiči úhel 135° . Zářič musí být připojen na středový vodič koaxiálního kabelu. Středový díl se skládá z pozinkovaného plechového kříže o průměru 0,5 mm, PL konektoru SO 239, šroubků M3 s maticí pro upevnění konektoru ke kříži a šroubků M3 pro uchycení svorek ze svorkovnice ke stranám kříže.

Z pozinkovaného plechu byl vystřižen kříž tak, aby uprostřed tohoto kříže vznikl čtverec shodný s rozměry panelové příruby PL konektoru, tedy $2,5 \times 2,5$ cm. Do středu čtverce byl vyvrtán otvor pro PL konektor o průměru 15 mm a následně 4 otvory o průměru 3 mm pro upevnění konektoru k plechovému kříži. V každém středu ploch okolo středového čtverce jsou také vyvrtány díry o průměru 3 mm pro šroubky, ke kterým budou přichyceny svorky ze svorkovnice. Po vyvrtání otvorů byly strany okolo středového čtverce ohnuty vůči rovině o 45° . Po přišroubování konektoru k plechovému kříži šroubky a maticemi M3, byla na středový pin konektoru napájena svorka ze svorkovnice, která slouží pro připojení zářiče. Ke šroubkům, které jsou umístěny ve středech postranních částí kříže, byly přišroubovány svorky určené pro připojení radiál. Nakonec byl celý kříž s ohnutými stranami zvenčí omotán izolační páskou a vnitřek vylit epoxidovým lepidlem Adhesive F-05. Vylitím epoxidového lepidla se zvýší pevnost a odolnost tohoto středového dílu. Tím je středový díl hotov, z Obr. 5.2 a Obr. 5.3 je přesně patrné, jak byla konstrukce středového dílu provedena.



Obr. 5.2 Středový díl GP antény – pohled ze spodu



Obr. 5.3 Středový díl GP antény – pohled shora

Dále bylo pro zářič a radiály nastříháno 5 kusů měděného lanka na předem vypočtenou délku 2,64 m. Na každém konci lanka byl odizolován cca 1 cm a k jednomu z konců připájeno kovové očko, které slouží k napnutí jednotlivých vodičů.



Obr. 5.4 Očko na konci vodiče sloužící pro napnutí jednotlivých radiál

Při samotném napínání vodičů byl nejprve pomocí vlasce přehozeného přes větev stromu vytažen zářič do výšky cca 5 m. Odizolovaný konec vodiče byl přišroubován k středové svorce antény, určené pro zářič. Poté byly i k ostatním postranním svorkám středového dílu přišroubovány vodiče tvořící protiváhu, které byly napnuty pomocí silonového vlasce směrem k zemi pod úhlem 45° , vlasec byl k zemi ukotven stanovým kolíkem. Jednotlivé radiály mezi sebou svírají úhel 90° .

Na Obr. 5.5 je zobrazena výsledná konstrukce GP antény pro rezonanční kmitočet 27,405 MHz. Výhodou takto zkonstruované antény je to, že lze snadno vyměnit zářič a radiály povolením pěti šroubků a použít tak anténu i pro jiné kmitočty. Naopak nevýhodou této konstrukce je, že nemá galvanicky spojen zářič se zemí, anténa je tedy náchylná na vznik statické elektřiny, která se vyskytuje v ovzduší před a během bouřky. I při velmi vzdálené bouřce je anténu nutné odpojit od radiostanice. Tato nevýhoda je daná za velmi jednoduchou konstrukci bez patní cívky, a proto je takto zkonstruovaná anténa vhodná pouze pro portable provoz, tzn. nebyla by vhodná pro provoz s trvale připojenou radiostanicí.



Obr. 5.5 Výsledná konstrukce drátové GP antény pro rezonanční kmitočet 27,405 MHz

6 Ověření správnosti návrhu a konstrukce měření

Ověření správnosti zkonstruované antény bylo provedeno měřením parametrů z hlediska přizpůsobení antény k radiostanici a to činitele stojatých vln (SWR) a vstupní impedance, která se skládá z reálné a imaginární části (R , X).

Měření bylo provedeno pomocí digitálního anténního analyzátoru Rig Expert AA-520. Tento anténní analyzátor je určen jak pro profesionální provoz, tak i pro radioamatéry. S pomocí AA-520 lze provádět rychlou kontrolu parametrů antény, naladění antény do rezonance, srovnání charakteristik antény před a po určité události (např. déšť, víchřice apod.), výrobu koaxiálních vedení a měření jejich délek, měření kapacity a indukčnosti reaktivních zátěží.

Rig Expert AA-520 disponuje těmito vlastnostmi a funkcemi: grafické zobrazení průběhu SWR a impedance ($R + X$) v zadaném frekvenčním rozsahu na 128x64 grafickém LCD displeji s podsvětlením, snadné ovládání, měření v různých režimech (Scan SWR, Scan R , X , Show SWR, Multi SWR, Show all), možnost ukládání výsledků měření do paměti k pozdějšímu zpracování (paměť pro uložení až 100 měření), USB propojení s počítačem, široký kmitočtový rozsah 1 až 520 MHz při rozlišení 1 kHz, minimální šířka pásma pro měření 100 kHz, výstupní výkon +5dBm, referenční impedance 50 Ω , 16bit A/D převodník, vf výstupní konektor typu N, napájení 4,8 V 1800 mAh Ni-MH akumulátor nebo externí napáječ, odolné provedení pro práci v terénu. [9]

6.1 Postup měření

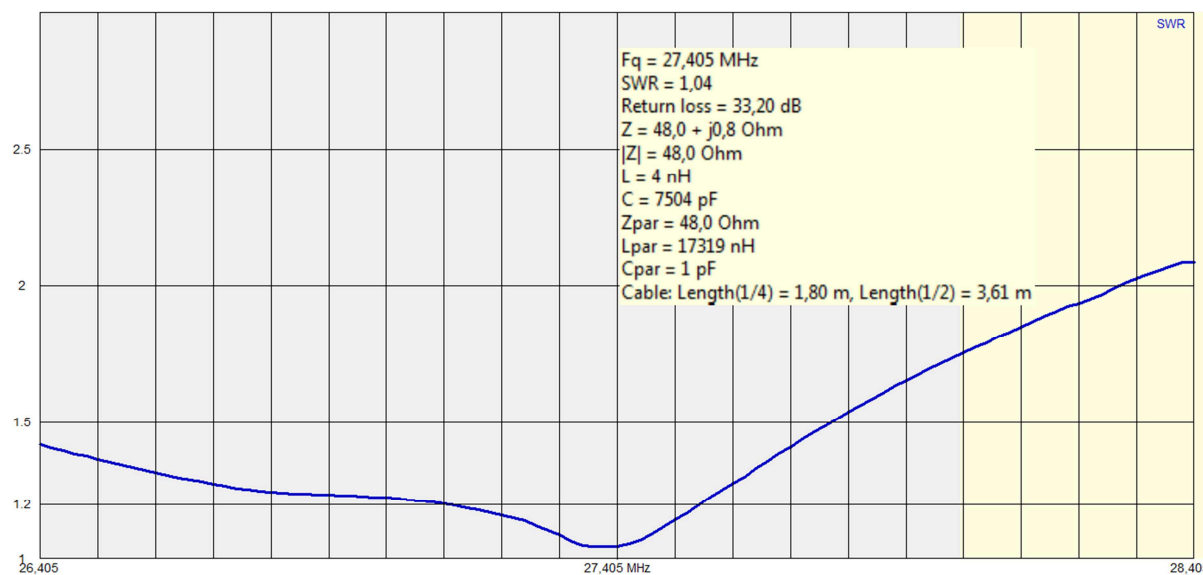
Měření probíhalo tím způsobem, že byl napnut zářič i radiály GP antény, poté byla propojena anténa a anténní analyzátor, na jehož výstupní konektor typu N ještě bylo potřeba našroubovat PL redukci, koaxiálním kabelem RG-58 o charakteristické impedanci 50 Ω . Koaxiální kabel byl na obou stranách opatřen zástrčkovými PL konektory. Na anténním analyzátoru byla zapnuta funkce Show SWR, která zobrazuje okamžitou hodnotu činitele stojatých vln.

Hodnota SWR určuje stupeň přizpůsobení antény k napájecí a vysílači, měla by být co nejnižší, ideální hodnota je 1. Je-li $SWR > 1$, je to z důvodu nepřizpůsobení, neupravení impedance antény, tím vzniká na rozhraní antény a napáječe odražená vlna, která se vrací zpět do vysílače. Literatura [1] uvádí, že přípustná hodnota SWR je 1,5 až 2 při těchto hodnotách se ztrácí 4 a 10 % odraženého výkonu (Obr. 2.4).

Pro funkci Show SWR byl v analyzátoru nastaven rezonanční kmitočet antény na 27,405 MHz. Počáteční hodnota SWR, která se zobrazila na analyzátoru ihned po připojení antény, byla cca 1,3. Postupným zvedáním, napínáním a upravováním úhlu radiál protiváhy na ideálních 45 °

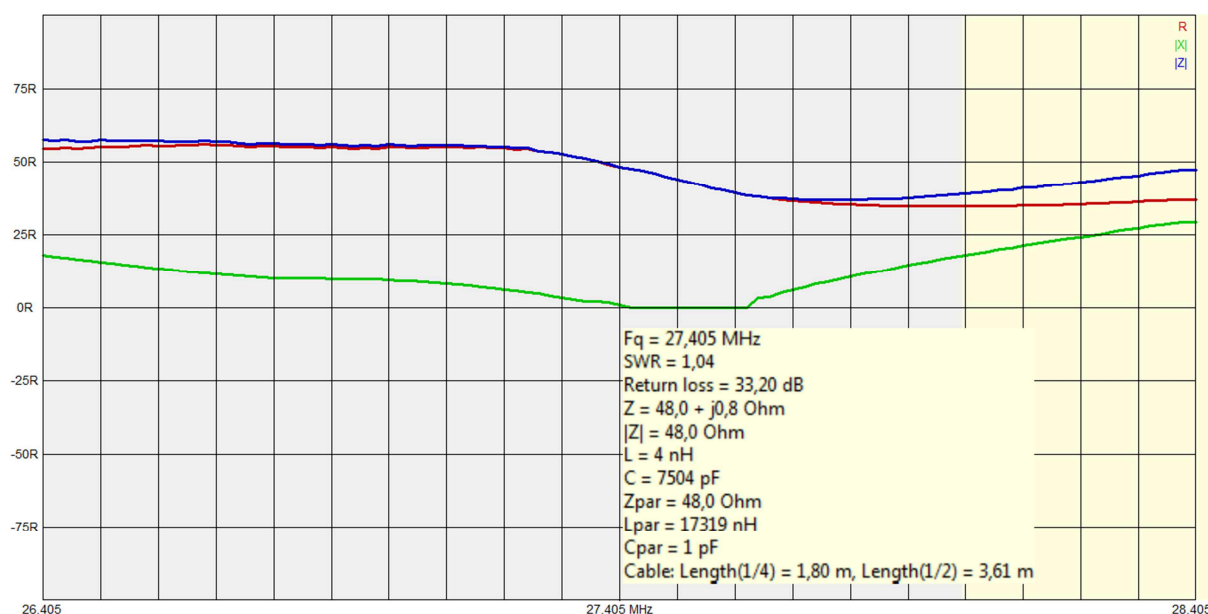
se podařilo vyladit anténu na konečnou hodnotu SWR 1,04. Hodnota 1,04 je téměř ideální hodnota, která potvrzuje správnost návrhu i konstrukce antény, tato hodnota je dokonce shodná s hodnotou vypočtenou při simulaci antény.

Po ustálení hodnoty SWR byla na analyzátoru spuštěna funkce Scan SWR. U této funkce je potřeba nastavit rezonanční kmitočet, který je 27,405 MHz a rozsah frekvenčního pásma pro které bude SWR analyzováno. Jako rozsah frekvenčního pásma bylo zvoleno 1000 kHz, což znamená, že je měřeno pásmo od 26,405 do 28,405 MHz. Tento rozsah byl zvolen tak, aby v měření bylo zahrnuto celé CB pásmo používané v ČR (26,565 až 27,405 MHz). Výsledná závislost SWR na kmitočtu byla nakonec uložena do paměti analyzátoru. Po skončení měření byla tato naměřená závislost exportována do PC pomocí programu AntScope, který je dodáván spolu s anténním analyzátozem. Výsledný graf SWR je zobrazen na obrázku Obr. 6.1.



Obr. 6.1 Naměřená závislost parametru SWR na použitém kmitočtu

Po měření SWR byla zvolena funkce analyzátoru Scan R, X a bylo postupováno stejně jako při předchozím měření. Ideálně by hodnota vyzařovacího odporu R měla být 50 Ω a reaktance X by měla být nulová. Z grafu na obrázku Obr. 6.2 je patrné, že R je 48 Ω a X je j0,8, což jsou, stejně jako u SWR, téměř ideální hodnoty.



Obr. 6.2 Naměřená závislost parametru vstupní impedance na použitém kmitočtu, modrý průběh označuje absolutní hodnotu vstupní impedance, červený průběh označuje vyzařovací odpor R a zelený průběh reaktanci záření X

6.2 Vyhodnocení měření

Měření parametrů SWR a vstupní impedance u zkonstruované GP antény proběhlo bez potíží a s výbornými výsledky. Sám jsem byl překvapen, jak snadné bylo tuto anténu vyladit na téměř ideální SWR a s ním spojenou vstupní impedanci. Stačilo jen přesně dodržet teoretické předpoklady GP antény, kterými jsou správná délka zářiče i radiál $\lambda/4$ zkrácená o štiřlostní koeficient a sklonění radiál vůči zářiči o 135° . Z průběhu naměřených hodnot SWR je vidět, že z hlediska přizpůsobení k radiostanici, by tato anténa byla použitelná na všechny kanály z CB pásma, při nejhorším naměřeném SWR 1,33, což činí jen méně než 4 % odraženého výkonu na rozhraní antény a napáječe.

Fotografie z měření je možné shlédnout v příloze B: Měření parametrů zkonstruované GP antény.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat teoretické principy GP antény, vytvořit návrh a konstrukci, nakonec ověřit správnost návrhu a konstrukce měřením parametrů z hlediska přizpůsobení k napájecí radiostanice.

V teoretické části této práce byl pro začátek obecně popsán princip antény a její nejdůležitější parametry, uvedení těchto informací bylo důležité z hlediska porozumění parametrů u GP antény. Po obecném popisu antény následuje teoretický popis GP antény, konstrukční prvky, ze kterých se skládá, vznik antény odvozením z půlvlnného vertikálního dipólu nebo Marconiho antény, možnosti konstrukčního provedení, které by zaručilo přizpůsobení vstupní impedance k napájecí a zároveň vyzařování energie pod co nejmenším úhlem, použití GP antény v praxi a nakonec klady a zápory této antény.

Praktická část se skládá z návrhu GP antény pro rezonanční kmitočet CB rádia 27,405 MHz, praktické realizace a proměření parametrů přizpůsobení zkonstruované antény. Návrh zahrnoval výpočet geometrické délky všech prvků antény a ověření správného výpočtu prvků v anténním simulačním programu MMANA-GAL. Po úspěšné simulaci byl teoretický návrh přenesen do praxe zkonstruováním drátové GP antény pro zadaný kmitočet. Nakonec byla správnost návrhu ověřena změřením parametrů přizpůsobení antény k napájecí (SWR a vstupní impedance).

Ze zjištěných údajů o GP anténě je možné říci, že se jedná o radioamatéry vynalezenou, čtvrtvlnnou vertikální anténu s všesměrovým vyzařováním pod malým výškovým úhlem, nejlépe v rovině horizontu, používanou především pro dálkovou rádiovou komunikaci v radioamatérských pásmech. Používá se také jako automobilová anténa, kde umělou zem tvoří plocha karoserie. Co se zisku týká, dosahuje podobných výsledků jako půlvlnný dipól, nejhůře však -1 dB_d vůči půlvlnnému vertikálnímu dipólu.

Největší výhodou GP antény je nesporně snadné řešení přizpůsobení k anténnímu napájecí, to se podle mého zjištění v praxi nejčastěji uskutečňuje buďto pomocí zešíkmení radiál antény pod úhlem 135° vůči zářiči, nebo pomocí zkrácení zářiče a kompenzováním kapacitní reaktance vložením indukčnosti k patě zářiče. Nejjednodušším možným řešením je zešíkmení protiváhy, avšak toto řešení není vhodné pro antény, které by měly být trvale připojeny k radiostanici, neboť zářič antény není vodivě propojen se zemí a hrozí zde nebezpečí vzniku statické elektřiny z ovzduší, při bouřkách, která by mohla poškodit vstupní obvody radiostanice. Druhé řešení také není nijak složité, ale pro určité zkrácení je potřeba vypočítat hodnotu indukčnosti vložené k patě zářiče. Toto řešení je však bezpečné z hlediska výskytu statické elektřiny.

Pro demonstraci návrhu bylo zvoleno nejjednodušší řešení, tedy sklonění protiváhy vůči zářiči. Ze simulovaných hodnot v programu MMANA je patrné, že základem tohoto řešení je správná délka jednotlivých prvků antény zkrácená o takzvaný štíhlostní koeficient. V mnoha návodech na výrobu GP antény jsem nenašel žádnou zmínku o zkrácení vodičů, ale pro nezkrácené délky nevycházejí simulované hodnoty tak ideálně jako pro délky zkrácené.

Z praktického ověření parametrů SWR a vstupní impedance je vidět, že konstrukce byla provedena správně a co se přizpůsobení antény týká, dosahuje výborných hodnot, kterých nedosahují ani některé komerčně vyráběné antény. Z naměřených hodnot také vyplývá, že navržená anténa je i poměrně širokopásmová a byla by použitelná pro celé CB pásmo s přípustnými hodnotami SWR.

Nevýhodou GP antény může být snad jen její konstrukce, kde je pro nižší kmitočty konstrukce poněkud „chatrná“ a je zapotřebí vymyslet správné řešení upevnění antény na stožár (pro základnové antény), nebo například na strom (pro portable antény).

Použitá literatura

- [1] MATUSZCZYK, Jacek. *Antény prakticky*. Praha: BEN - technická literatura, 2002. 240 s. ISBN 80-7300-084-9.
- [2] IKRENYI, Ing. Imrich. *Amatérské a krátkovlnové antény*. Bratislava: ALFA, 1972. 460 s. ISBN 63-009-72.
- [3] *Amatérské radio řada B: Vertikální všesměrové antény*. Praha 6: MAGNET-PRESS, 1994, roč. 1994, č. 1. ISSN 0139-7087.
- [4] JORDAN, Ing., CSC, Karel. *Přednášky z amatérské radiotechniky*. Jihlava, 1980. Dostupné z: <http://om6bb.bab.sk/files/HAM%20Kniznica/Prednasky/Gumickova/Gumickova%202-4.PDF>.
- [5] *Amatérské radio: Anténa Ground Plane*. Praha 2: NAŠE VOJSKO, n. p. Praha 2, 1956, roč. 1956, č. 8. ISSN A-05488 PNS 52.
- [6] Citizen Band. *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Citizen_Band
- [7] Český telekomunikační úřad. Všeobecné oprávnění č. VOR 7/08.2005-22 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování občanských radiostanic v pásmu 27 MHz. 2005. Dostupné z: http://www.ctu.cz/1/download/Opatreni%20obecne%20povahy/VO_R_07_08_2005_22.pdf
- [8] MULLER, Dušan a IVÁNEK, Lubomír. *Projekt MMANA-GAL* [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/fei/sireni_vln/projekty/Manual_MMANAGAL.pdf. Projekt. VŠB TUO.
- [9] KATALOG - Radiostanice: RigExpert AA-520. *Vysílačky Milín* [online]. 2012 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: http://vysilackymilin.cz/detail/katalog/radiostanice/rigexpert-aa-520_3346/
- [10] Portable GP 1/4 anténa na 2m a 70cm pásma. JAVŮREK, František. *RADIOWORLD OK2FJ* [online]. 2012 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.radio-foto.net/radio/gp1.php>

Seznam příloh

Příloha A: Simulace GP antény	ii
Příloha B: Měření parametrů zkonstruované GP antény	v

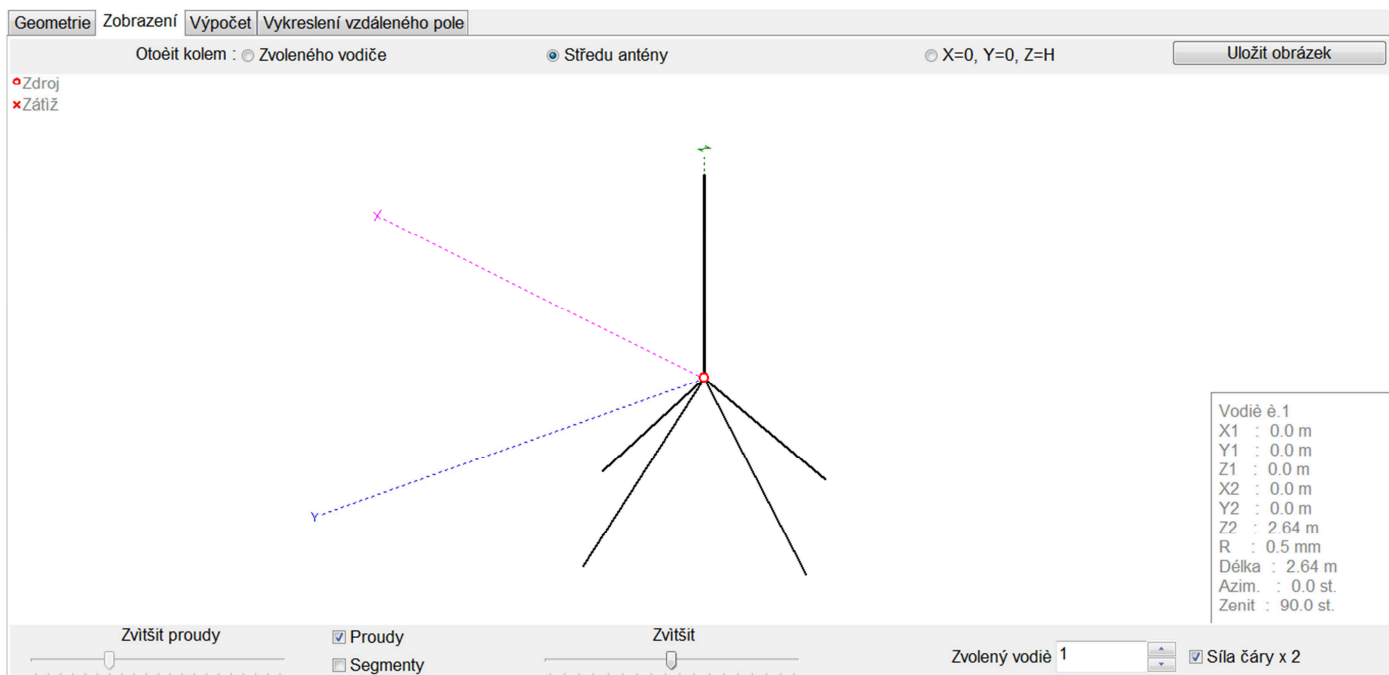
Přílohy

Příloha A: Simulace GP antény

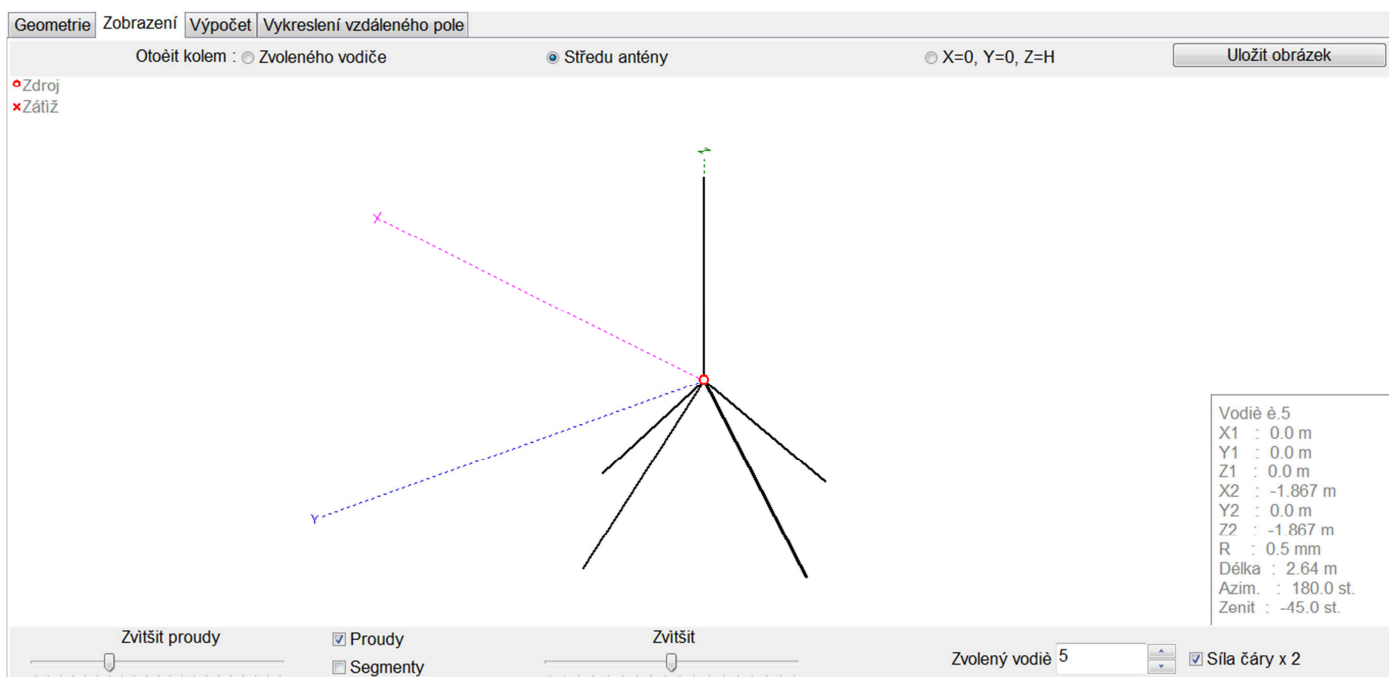
Geometrie									
Zobrazení Výpočet Vykreslení vzdáleného pole									
Název GP 27,405 MHz					Frekvence 27.405 MHz		<input type="checkbox"/> Lambda		
Vodič 5 Auto segmentování: DM1 800 DM2 80 SC 2.0 EC 2 <input type="checkbox"/> Vždy spojené									
No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg.	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.64	0.5	-1	
2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.86676	-1.86676	0.5	-1	
3	0.0	0.0	0.0	1.86676	0.0	-1.86676	0.5	-1	
4	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.86676	-1.86676	0.5	-1	
5	0.0	0.0	0.0	-1.86676	0.0	-1.86676	0.5	-1	
další									

Zdroje 1				Zátěže 0 (L - uH; C - pF; R/X - Ohm) <input checked="" type="checkbox"/> Použít zátěže						
No.	PULSE	Volt. V	Phase dg	No.	PULSE	Type	L/R/A0	C/jX/B0	Q/A1	F/B1
1	w1b	1.0	0.0							
další				další						

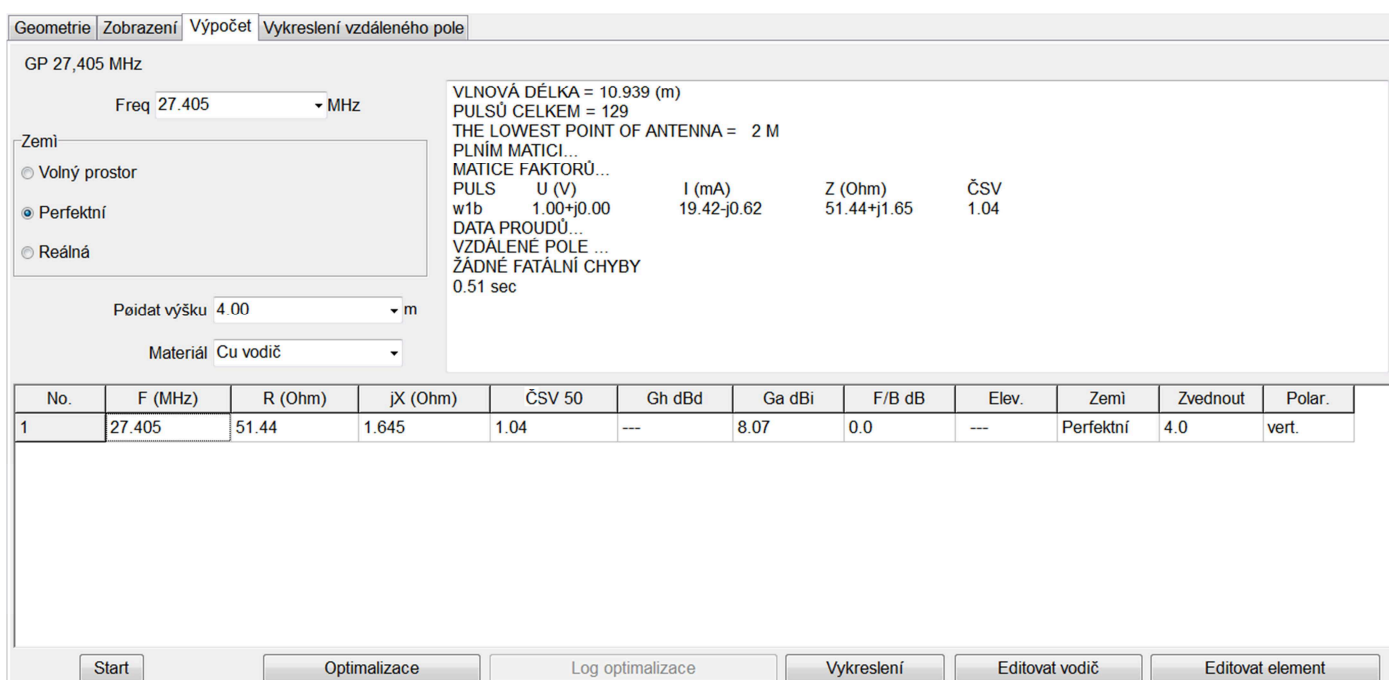
Obr. A.1 Plocha Geometrie – umístění prvků a zdroje antény



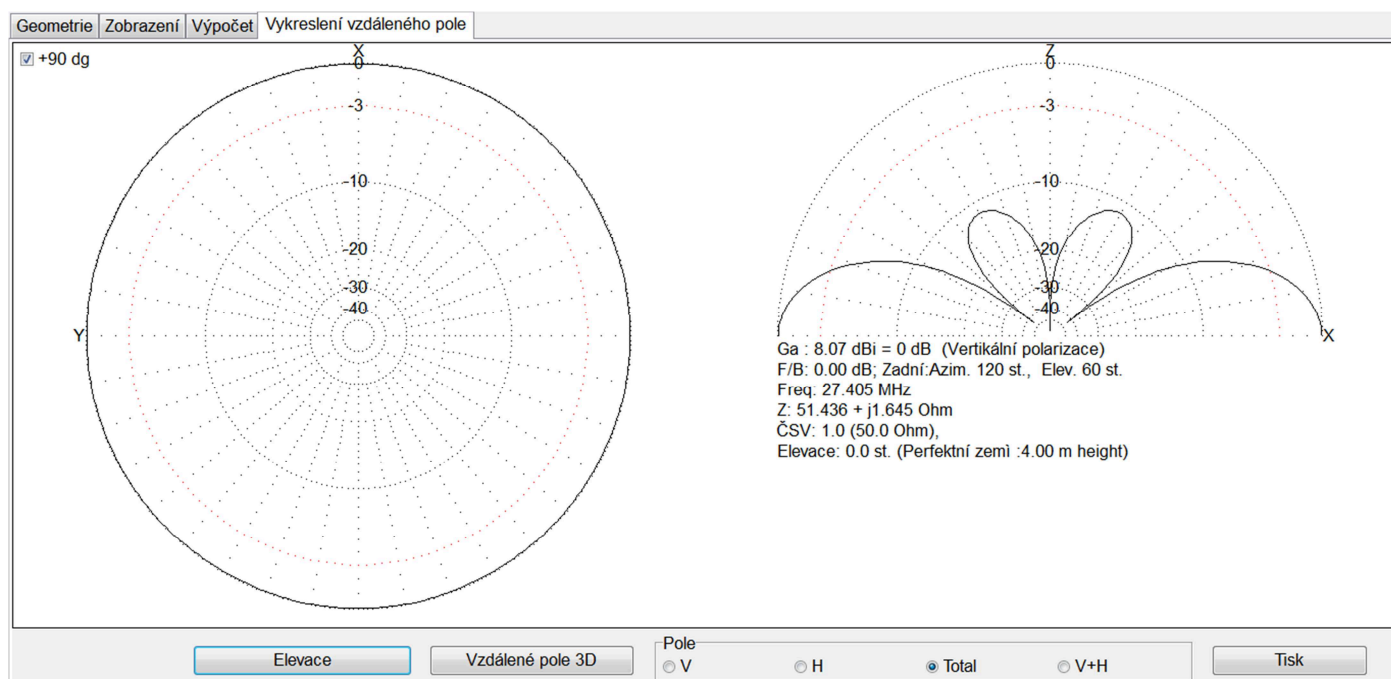
Obr. A.2 Plocha Zobrazení ze kterého je patrné, že délka zářiče je 2,64 m



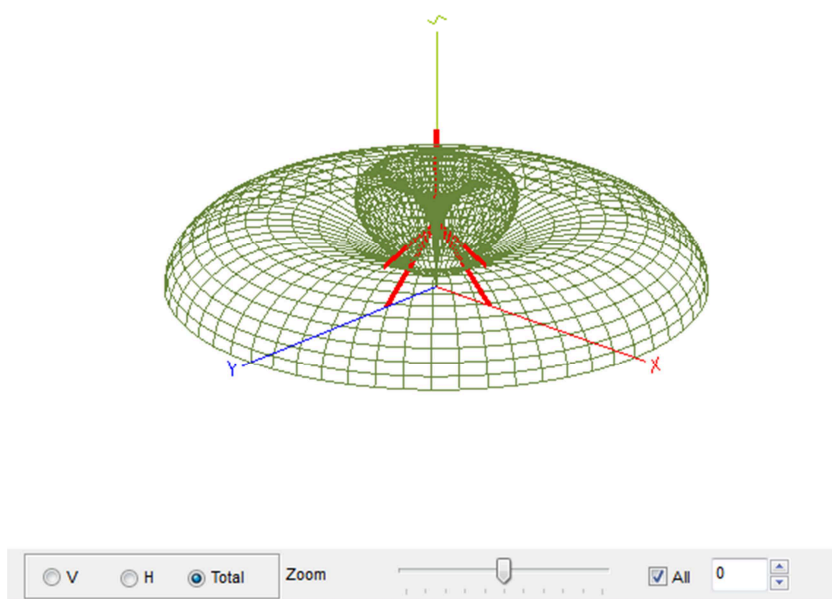
Obr. A.3 Plocha Zobrazení ze kterého je patrné, že délka radiál je 2,64 m a jejich naklonění vůči záříči je 135 °



Obr. A.4 Plocha Výpočet – výpočet parametrů simulované antény



Obr. A.5 Plocha Vykreslení vzdáleného pole – vyzařovací diagramy antény v horizontální a vertikální rovině



Obr. A.6 Vyzařovací diagram GP antény v 3D zobrazení

Příloha B: Měření parametrů zkonstruované GP antény



